This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

BIBLIOTHÈQUE DES CONNAISSANCES UTILES

JULIEN LEFÈVRE

LES NOUVEAUTÉS ÉLECTRIQUES

PARIS
J.-B. BAILLIÈRE ET FILS

Digitized by Google

ENCYCLOPÉDIE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

5 Fr. *COLLECTION DE VOLUMES IN-18 JÉSUS* **5 Fr.**

de 400 pages, illustrés de figures, cartonnés

BAIL Y. L'industrie du blanchissage. 1 vol. in-18 ... fr.
BOU ... fr.
BOU ... fr.
COR ... fr.
AII ... fr.
UI(... fr.
L ... fr.
C ... fr.
M ... fr.
I ... fr.
JII ... fr.
L ... fr.

Library
of the
University of Wisconsin

LPHEN. Couleurs et vernis. 1 vol. in-18 ... 5 fr.
L'Industrie de la soude. 1 vol. in-18 ... 5 fr.
RSIN-DEON. Le sucre et l'industrie sucrière. 1 vol. in-18. 5 fr.
JLIN. L'Industrie des tissus. 1 vol. in-18 ... 5 fr.
AB. Les minéraux utiles. 1 vol. in-18 ... 5 fr.
JNAY (de). L'argent 1 vol. in-18 ... 5 fr.
EVRE. Savons et bougies. 1 vol. in-18 ... 5 fr.
arbure de calcium et acétylène. 1 vol. in-18 ... 5 fr.
EAL. L'aluminium. 1 vol. in-18 ... 5 fr.
IT. La bière et l'industrie de la brasserie. 1 vol. in-18. 5 fr.
HE et HALPHEN. Le pétrole. 1 vol. in-18 ... 5 fr.
LAT. Les produits chimiques employés en médecine. 5 fr.
ER. Analyse et essai des matières agricoles. 1 vol. in-18. 5 fr.
IESSON de LAVELINES. Cuirs et peaux. 1 vol. in-18... 5 fr.
LL. L'or. 1 vol. in-18 ... 5 fr.
SS. Le cuivre. 1 vol. in-18 ... 5 fr.

ENVOI FRANCO CON

Digitized by Google

BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE CONTEMPORAINE

3 Fr 50 *COLLECTION DE VOLUMES IN-16* **3 Fr. 50**

de 300 à 400 pages, illustrés de figures

PHILOSOPHIE DES SCIENCES

COMTE (Aug.). Principes de philosophie positive. 1 v. in-16. 3 fr. 50
HUXLEY. Les sciences naturelles et l'éducation. 1 v. in-16. 3 fr. 50
— L'évolution et l'origine des espèces. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
— Science et religion. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
PLYTOFF. Les sciences occultes. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
— La magie. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50

ASTRONOMIE ET MÉTÉOROLOGIE

DALLET. La prévision du temps. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
DALLET. Les merveilles du ciel. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
PLANTE. Phénomènes électriques de l'atmosphère. 1 vol. 3 fr. 50

PHYSIQUE ET CHIMIE

CHARPENTIER. Lumière et couleurs. 1 vol, in-16..... 3 fr. 50
COUVREUR. Le microscope. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
IMBERT. Les anomalies de la vision. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
CAZENEUVE. La coloration des vins. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
DUCLAUX. Le lait. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
GARNIER. Ferments et fermentations. 1 vol. in 16..... 3 fr. 50
LARBALETRIER. L'alcool. 1 vol. in-16 ..... 3 fr. 50
SAPORTA. Théories et notations de la chimie moderne. 3 fr. 50

ART MILITAIRE ET ART NAVAL

FOLIN (de). Bateaux et navires. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
GUN. L'artillerie actuelle. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
— L'électricité appliquée à l'art militaire. 1 vol. in-16. 3 fr. 50

INDUSTRIE

GALLOIS. La poste, le télégraphe et le téléphone. 1 v. in-16. 3 fr. 50
GRAFFIGNY. La navigation aérienne. 1 vol. in-16 ..... 3 fr. 50
LEFEVRE. La photographie. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
LE VERRIER. La métallurgie en France. 1 vol. in-16.... 3 fr. 50
MONTILLOT. La télégraphie actuelle. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
SCHŒLLER (A.). Les chemins de fer. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT SUR LA POSTE

Digitized by Google

BOTANIQUE ET AGRICULTURE

ACLOQUE. Les champignons. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
— Les lichens. 1 vol. in-16, avec 30 fig..... 3 fr. 50
FERRY DE LA BELLONNE. La truffe. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
HERPIN. La vigne et le raisin. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
LOVERDO. Les maladies des céréales. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
VILMORIN (Ph. de). Les fleurs à Paris. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
VUILLEMIN. La biologie végétale. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50

MINÉRALOGIE, GÉOLOGIE ET PALÉONTOLOGIE

BATTANDIER et TRABUT. L'Algérie. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
BLEICHER. Les Vosges. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
FALSAN. Les Alpes françaises. 2 vol. in-16. Chaque..... 3 fr. 50
FOUQUE. Les tremblements de terre. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
FRAIPONT. Les cavernes et leurs habitants. 1 vol. in-16 ... 3 fr. 50
HUXLEY. Les problèmes de la géologie. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
PRIEM. L'évolution des formes animales. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
RENAULT. Les plantes fossiles. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
SAPORTA. L'Origine des arbres cultivés. 1 vol. in-16 .. 3 fr. 50
TRUTAT. Les Pyrénées. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50

ANTHROPOLOGIE ET ARCHÉOLOGIE

BAYE (de). L'Archéologie préhistorique. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
COTTEAU. Le préhistorique en Europe. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
DEBIERRE. L'homme avant l'histoire. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
HUXLEY. La place de l'homme dans la nature. 1 vol. in-16. 3 fr. 50
LORET. L'Égypte aux temps des Pharaons. 1 vol. in-16. 3 fr. 50
QUATREFAGES. Les pygmées. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
SICARD. L'évolution sexuelle. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50

ZOOLOGIE

CHATIN (J.). La cellule animale. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
DOLLO. La vie au sein des mers. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
FOLIN. Sous les mers. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
— Pêches et chasses zoologiques. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
FOVEAU. Les facultés mentales des animaux. 1 vol. in-16. 3 fr. 50
FREDERICQ. La lutte pour l'existence. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
GADEAU DE KERVILLE. Les animaux lumineux. 1 v. in-16. 3 fr. 50
GIRARD (M.). Les abeilles. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
GIROD (Paul). Les sociétés chez les animaux. 1 vol. in-16. 3 fr. 50
HAMONVILLE. La vie des oiseaux. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
HOUSSAY. Les industries des animaux. 1 vol. in-16 .. .. 3 fr. 50
HUXLEY. Les problèmes de la biologie. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
JOURDAN. Les sens chez les animaux. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
LOCARD. L'huître et les mollusques comestibles. 1 v. in-16. 3 fr. 50
PERRIER (Edm.). Le transformisme. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
TROUESSART. La géographie zoologique. 1 vol. in-16.. 3 fr. 50
— Au bord de la mer. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50

Digitized by Google

BIBLIOTHÈQUE DES CONNAISSANCES UTILES

LES

NOUVEAUTÉS ÉLECTRIQUES

Digitized by Google

OUVRAGES DU MÊME AUTEUR :

DICTIONNAIRE D'ÉLECTRICITÉ ET DE MAGNÉTISME
COMPRENANT LES APPLICATIONS AUX SCIENCES, AUX ARTS ET A L'INDUSTRIE
INTRODUCTION PAR M. BOUTY
Professeur à la Faculté des sciences de Paris
1895, 1 vol. gr. in-8 de 1,150 pages, avec 1,250 figures... 30 fr.

LES NOUVEAUTÉS ÉLECTRIQUES
1896, 1 vol. in-18 jésus de 400 pages, avec 100 figures, cart. 4 fr.
(*Bibliothèque des connaissances utiles*)

L'ÉLECTRICITÉ A LA MAISON
1889, 1 vol. in-16 de 396 pages, avec 200 figures..... 4 fr.
(*Bibliothèque des connaissances utiles*)

LE CHAUFFAGE ET LES APPLICATIONS DE LA CHALEUR
DANS L'INDUSTRIE ET L'ÉCONOMIE DOMESTIQUE
1893, 1 vol. in-18 jésus de 355 pages, avec 188 figures, cart. 4 fr.
(*Bibliothèque des connaissances utiles*)

LA PHOTOGRAPHIE
ET SES APPLICATIONS AUX SCIENCES, AUX ARTS ET A L'INDUSTRIE
1888, 1 vol. in-18 jésus de 384 pages, avec 95 figures et 3 pl. 3 fr. 50
(*Bibliothèque scientifique contemporaine*)

SAVONS ET BOUGIES
1894, 1 vol. in-18 jésus de 424 pages, avec 116 figures, cart. 5 fr.
(*Encyclopédie de chimie industrielle*)

J.-E.-H. GORDON

TRAITÉ EXPÉRIMENTAL D'ÉLECTRICITÉ ET DE MAGNÉTISME
1881, 2 vol. in-8, ensemble, 1,332 pages, avec 58 pl. et 371 fig.. 35 fr.

GUN

L'ÉLECTRICITÉ APPLIQUÉE A L'ART MILITAIRE
1889, 1 vol. in-16 de 380 pages, avec 140 fig..... 3 fr. 50

L. MONTILLOT

LA TÉLÉGRAPHIE ACTUELLE EN FRANCE ET A L'ÉTRANGER
LIGNES, RÉSEAUX, APPAREILS, TÉLÉPHONES
1889, 1 vol. in-16 de 334 pages avec 131 figures..... 3 fr. 50
(*Bibliothèque scientifique contemporaine*)

L. MONTILLOT

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE
GUIDE PRATIQUE DES ÉLECTRICIENS ET DES AMATEURS
1894, 1 vol. in-18 jésus de 408 pages, avec 190 fig., cart..... 4 fr.
(*Bibliothèque des connaissances utiles*)

GASTON PLANTÉ

PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES DE L'ATMOSPHÈRE
FOUDRE, GRÊLE, TROMBES, AURORES POLAIRES, ETC.
1888, 1 vol. in-16 de 322 pages avec 50 figures..... 3 fr. 50
(*Bibliothèque scientifique contemporaine*)

2529-96. — CORBEIL. Imprimerie CRÉTÉ.

Digitized by Google

JULIEN LEFÈVRE
DOCTEUR ÈS SCIENCES
PROFESSEUR A L'ÉCOLE DES SCIENCES DE NANTES

LES NOUVEAUTÉS ÉLECTRIQUES

Avec figures intercalées dans le texte

Oscillations électriques. — Courants à haute fréquence. — Courants polyphasés
Production de l'électricité :
Piles, dynamos, accumulateurs, transformateurs.
Distribution. — Stations centrales
Éclairage. — Électrométallurgie
Tramways et locomotives
Transmission de l'énergie. — Moteurs
Téléphone et théâtrophone
Rayons Rontgen : photographie à travers les corps opaques

PARIS
LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS
19, rue Hautefeuille, près du boulevard St-Germain.

1896

Tous droits réservés.

Digitized by Google

Digitized by Google

64490
AUG 12 1902
TN
.L52

696432

PRÉFACE

Nous nous proposons de décrire dans ce volume les découvertes accomplies en Électricité dans ces dernières années, soit depuis la publication de notre *Dictionnaire* ou à peu près depuis l'Exposition de 1889; si l'Électricité n'a produit, depuis cette époque, aucun de ces appareils merveilleux qui, de temps en temps, viennent en quelque sorte ajouter à la science une branche nouvelle et mettre à la disposition de l'homme un nouvel agent ou un nouveau mode de communication, comme la machine de Gramme, le télégraphe ou le téléphone, les années qui viennent de s'écouler n'ont cependant pas été perdues et elles ont enrichi d'un grand nombre d'applications intéressantes le domaine de l'Électricité, dont certaines parties ont pris, pendant ce temps, un développement considérable.

Dans la partie théorique elle-même, nous avons à signaler quelques travaux particulièrement importants.

Les belles découvertes de Hertz sur les ondulations électriques ont été complétées par les travaux de MM. Joubert, Egoroff, Grégory, Sarasin et de la Rive. Signalons aussi les intéressantes expériences de

Digitized by Google

M. Tesla sur les courants alternatifs à haute tension et à grande fréquence.

Les courants polyphasés, sur lesquels l'attention a été appelée, en 1888, par les expériences de M. Ferraris, se sont répandus rapidement dans l'industrie, à cause de la simplicité des générateurs qui les produisent et des moteurs qu'ils mettent en mouvement : citons en passant les modèles de Fives-Lille et du Creusot.

L'éclairage électrique n'a pas fait de progrès bien sensibles : on peut signaler cependant les nouveaux modèles des lampes Cance et Bardon, les régulateurs de Contades, Wilbrant, Brianne ; au contraire le chauffage s'est beaucoup développé. Nous décrirons en particulier le four électrique de M. Moissan, et, pour un autre genre d'applications, les appareils de chauffage de Crompton.

La traction électrique a pris une grande extension, surtout en Amérique. La plus importante des Sociétés s'occupant de cet objet, la Compagnie Thomson-Houston, qui avait, au 15 septembre 1889, installé seulement 37 lignes représentant 336 kilomètres et équipé 307 voitures, avait organisé, à la fin de 1893, plus de 400 lignes représentant 9441 kilomètres et employant 9000 voitures.

Le système Thomson-Houston, très en faveur en Amérique, commence à se répandre en Europe. Ainsi, depuis sa formation, qui remonte au 1er mai 1893, la Compagnie française, créée pour l'exploitation de ce procédé, a déjà installé une extension de la ligne de Florence à Fiesole, une ligne de la place du Dôme à la porte Sempione à Milan, et plus récemment la ligne de Bordeaux-Bouscat au Vigean et le réseau complet de la ville du Havre, la ligne de la place de la Charité à Oullins et à Saint-Genis-Laval, à Lyon, trois lignes à Belgrade, etc.

Digitized by Google

De sérieux essais ont été aussi effectués pour appliquer l'électricité à la traction des trains de chemins de fer. La locomotive de M. J.-J. Heilmann a été expérimentée sur la ligne de l'Ouest entre le Havre et Beuzeville, puis entre Paris et Mantes. D'un autre côté, la Compagnie du Nord a mis à l'étude une locomotive à accumulateurs, spécialement destinée à la traction en souterrain ; la maison Siemens, de Londres, et la Compagnie Thomson-Houston ont également construit, dans ces derniers temps, des modèles de locomotives électriques.

De nombreuses stations centrales ont pris naissance dans ces dernières années ; telles sont la station centrale de Hanovre, l'usine électrique du Salève, l'usine du secteur des Champs-Élysées, les ateliers des services électriques de la Compagnie du Nord, installés sous la direction de M. Sartiaux. L'une des stations les plus considérables qui aient encore existé est sans contredit l'installation provisoire qui fut édifiée pour le service électrique de l'Exposition de Chicago.

Les maisons Lombard-Gérin, de Lyon, Fichet et Heurtey, de Paris, la Société des accumulateurs Tudor et celle des moteurs Niel exposaient à Lyon collectiment, sous le nom de station électrique rationnelle, un ensemble de station électrique de mille lampes de dix bougies environ. Un des points originaux de cette station est la production de la force motrice avec moteurs à gaz, dans des conditions d'économie exceptionnelle, avec une simplicité de fonctionnement qui permet de confier à un seul homme la surveillance d'installations importantes.

Le système Tudor est appliqué, depuis une dizaine d'années, dans une quarantaine de stations centrales.

Nous signalerons encore parmi les appareils qui

Digitized by Google

nous ont paru mériter une description : les moteurs de MM. Hutin et Leblanc, la dynamo Cail-Helmer à inducteur mobile, la turbine Laval, l'exploseur Manet, les transformateurs Ganz et Labour, les nouveaux appareils de désinfection de M. Hermite, les appareils de M. Héroult pour l'électrométallurgie, les récepteurs microphoniques d'Arsonval, Mercadier et Anizan, de Lalande, et enfin l'installation du théâtrophone.

On voit que, dans le domaine de l'électricité, les dernières années n'ont pas été perdues, ni pour la science pure ni pour les applications industrielles. L'industrie électrique, qui ne compte guère plus de dix années d'existence, n'a pas cessé d'affirmer sa vitalité ; il y a tout lieu de croire que cette marche ascendante ne s'arrêtera pas et que les années qui vont suivre apporteront à leur tour de nouveaux progrès et amasseront un bagage digne de figurer à l'Exposition de 1900. C'est le souhait que nous formons en terminant, et nous ne doutons pas qu'il se réalise.

J. LEFÈVRE.

Nantes, février 1896.

Digitized by Google

LES

NOUVEAUTÉS ÉLECTRIQUES

CHAPITRE PREMIER

PROPRIÉTÉS DES COURANTS.

Ondulations électriques. — Courants à haute fréquence. — Champs magnétiques tournants; courants polyphasés.

En ce qui concerne la partie théorique de l'électricité, les années qui viennent de s'écouler ont vu éclore quelques travaux d'une grande importance. Les oscillations électriques, découvertes par Hertz en 1889, ont été depuis cette époque étudiées par divers savants. Nous signalerons aussi, dans ce chapitre, les belles expériences de M. Tesla sur les courants à haute fréquence, et la production des courants polyphasés; on sait que ces courants, employés depuis peu de temps, présentent déjà des applications nombreuses et importantes, que nous ferons connaître dans les chapitres suivants.

Oscillations ou ondulations électriques. — On sait que Hertz est parvenu, en 1889, par l'emploi d'une décharge oscillatoire extrêmement rapide, à propager dans l'éther ambiant un mouvement vibratoire trans-

Digitized by Google

versal, susceptible de produire des inférences et tous les phénomènes déjà étudiés pour la lumière (1). Depuis cette époque, la même question a été étudiée par divers savants.

Expériences de M. Joubert et de M. Egoroff. — M. Joubert a employé, au Laboratoire central d'électricité de Paris, un appareil analogue à celui de Hertz : il a reconnu que la production d'oscillations suffisamment rapides dépend d'un certain nombre de conditions, telles que dimensions de la bobine, distance et degré de poli des boules; une lumière violette un peu vive les arrête absolument. Cet excitateur fonctionnant dans la grande salle du laboratoire, on pouvait, en réglant convenablement la longueur des fils et la valeur des capacités, obtenir des étincelles dans les autres salles et même à l'extérieur; à plus de 50 mètres de distance.

Au lieu des résonnateurs circulaires employés par Hertz, M. Joubert s'est servi de deux tiges placées bout à bout et dont les extrémités reçoivent des capacités de surface convenable ; une pince en bois réunit ces deux tiges.

M. Egoroff a montré en 1889 que les tubes de Plücker et ceux de Hitorff peuvent remplacer les résonnateurs de Hertz et montrer la propagation des ondes électromagnétiques dans les fils parallèles.

Expériences de MM. Sarasin et de la Rive. — En variant les expériences de Hertz, MM. Sarasin et de la Rive ont obtenu des faits qui nécessiteront une discussion approfondie des phénomènes, beaucoup moins simples qu'il n'avait paru d'abord (1889). Ils

(1) Voir *Dictionnaire d'électricité*, article ÉLECTRICITÉ.

Digitized by Google

ont d'abord tendu deux fils horizontaux parallèles en avant de l'excitateur et vérifié que l'espace situé entre ces deux fils contient des ondes d'induction fixes, avec des ventres et des nœuds équidistants. Lorsqu'on déplace dans cet espace des résonnateurs de différentes dimensions, on trouve que l'internœud ne dépend que du résonnateur et non de l'excitateur. Le mouvement vibratoire qui s'y propage doit donc contenir toutes les longueurs d'ondes possibles entre certaines limites, et chaque résonnateur choisit dans cet ensemble l'ondulation dont la période correspond à la sienne propre.

MM. Sarasin et de la Rive ont vu aussi, à l'aide du même dispositif, que la vitesse de propagation des ondes électriques est la même dans l'air et le long des fils. Ils ont cherché ensuite à vérifier cette égalité de vitesse pour les grandes longueurs d'onde, les expériences de Hertz sur ce point manquant de netteté et ayant conduit leur auteur à admettre la possibilité d'une vitesse différente.

Il fallait pour cela disposer d'un grand miroir et d'un espace assez vaste. MM. Sarasin et de la Rive installèrent dans le bâtiment des turbines des forces motrices de Genève un miroir de zinc de 8 mètres sur 16, placé à 15 mètres d'un excitateur, dont les grosses sphères avaient 30 centimètres de diamètre et dont les petites boules étaient plongées dans l'huile. En employant comme résonnateurs des cercles de 50 et de 75 centimètres de diamètre, on a trouvé les résultats suivants :

1° La longueur d'onde d'un résonnateur est sensiblement égale à huit fois son diamètre ;

2° Dans le cas de la réflexion normale, le premier nœud est exactement au miroir ;

Digitized by Google

3° La vitesse de propagation dans l'air est la même que le long des fils.

Expériences de M. Blondlot. — M. Blondlot a cherché à vérifier, en 1891, si la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques dans l'air est bien égale à celle de la lumière, point sur lequel Hertz n'avait pas obtenu de résultats bien nets. MM. Sarasin et de la Rive ayant montré que c'est le résonnateur qui détermine la longueur d'onde observée, l'équation

$$\lambda = VT$$

doit être vérifiée si l'on substitue à λ et à T les valeurs de la longueur d'onde et de la période de vibration propres au résonnateur employé et à V la vitesse de propagation des ondes.

Il suffit donc, pour connaître V, de mesurer λ et T pour le résonnateur employé. M. Blondlot a donné à cet appareil une forme telle que sa période pût être calculée par la formule

$$T = 2\pi\sqrt{CL},$$

où C représente la capacité, L le coefficient de self-induction : ce calcul s'appuie donc uniquement sur les lois les mieux établies de l'électromagnétisme.

La longueur d'onde λ a été mesurée en étudiant la propagation des ondes le long d'un système de deux fils métalliques parallèles, MM. Sarasin et de la Rive ayant montré que la vitesse est la même que dans l'air. M. Blondlot a employé quatre résonnateurs de capacité très différente : la vitesse de propagation V n'a pas varié et la moyenne de 13 déterminations concordantes a donné 297 600 kilomètres, valeur qui est, au degré d'approximation des expériences, égale au rap-

Digitized by Google

port des unités électromagnétique et électrostatique, ainsi qu'à la vitesse de la lumière.

« Il serait téméraire, dit M. Blondlot, de conclure de cette égalité que les vibrations lumineuses sont un

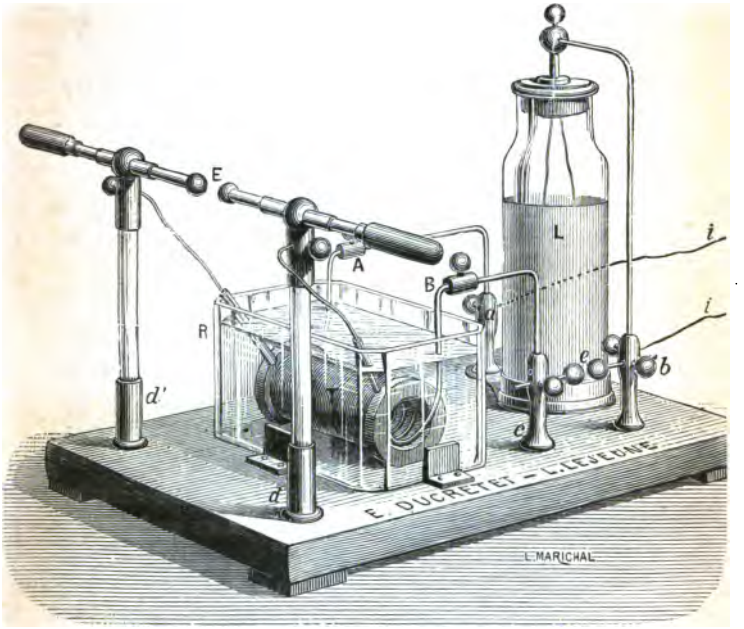

Fig. 1. — Appareil pour les expériences de M. Tesla.

cas particulier des vibrations électromagnétiques; toutefois on ne peut méconnaître que le résultat obtenu soit favorable à cette hypothèse. »

Courants à haute fréquence. — En 1891, M. Tesla a obtenu des effets nouveaux et du plus haut intérêt à l'aide de courants présentant une tension

Digitized by Google

extrêmement élevée en même temps qu'une très grande fréquence. Il emploie pour cela deux dispositifs différents. Dans le premier, un alternateur spécial, donnant 10000 à 20000 alternances par seconde, communique avec le fil primaire d'une petite bobine d'induction plongée dans l'huile, pour la maintenir parfaitement isolée. L'autre utilise la décharge oscillatoire d'un condensateur : il peut être réalisé avec l'appareil (fig. 1). Une bobine à trembleur rapide, de 5 centimètres d'étincelle, actionnée par 5 ou 6 accumulateurs, charge une bouteille de Leyde L au moyen des fils *ii ;* cette bouteille donne en *e* des décharges oscillantes, sous la forme d'étincelles très vives dont on peut faire varier la longueur en réglant la distance des boules. Le circuit de décharge de la bouteille contient, outre l'excitateur *e*, le fil primaire d'un transformateur T, complètement noyé dans l'huile, et dont le fil secondaire communique avec un autre excitateur E. Les deux circuits du transformateur sont séparés par un tube d'ébonite.

Le premier dispositif permet de réaliser un certain nombre d'expériences intéressantes, et en particulier celles qui suivent.

On prend de la main droite un tube de verre, de 1 mètre de longueur, vide d'air et ne renfermant aucune électrode, et de la main gauche l'une des extrémités du fil induit de la bobine : le tube s'illumine sur toute sa longueur; malgré l'énorme tension du courant alternatif, l'opérateur subit seulement une sensation qui n'est pas très intense dans le bras gauche.

Un globe de verre, vide, contient une seule électrode, formée d'un gros bouton métallique, qu'on fait

Digitized by Google

communiquer avec un des pôles de la bobine par un fil de cuivre recouvert de gutta. Le bouton s'illumine; en approchant la main de l'extérieur du globe, on provoque des phénomènes de condensation et la lueur devient beaucoup plus éclatante.

Le second appareil se prête également à un grand nombre d'expériences remarquables.

Ainsi on peut imiter les décharges d'une machine électrostatique. Si les boules de l'excitateur E ont 10 centimètres de diamètre, on a seulement des étincelles; si elles n'ont que 3 centimètres, on observe en même temps autour du métal des aigrettes et des lueurs comme il s'en échappe d'une pointe ou d'une arête avec une machine statique.

Si l'on détache les fils qui se rendent à l'excitateur E, ils deviennent lumineux dans l'obscurité, émettent des aigrettes et attirent les corps légers; on perçoit en même temps l'odeur de l'ozone.

Un tube de verre vide s'illumine lorsqu'on saisit d'une main une de ses extrémités et qu'on met l'autre en contact avec une des tiges de l'excitateur.

Le corps humain peut lui-même servir de conducteur; dans ce cas, tenant d'une main l'extrémité du tube de Geissler ou de Tesla, on saisit de l'autre une des tiges de l'excitateur, les deux boules étant écartées. Si, dans ces conditions, une autre personne vient prendre à pleine main l'extrémité libre du tube, celui-ci devient immédiatement très lumineux et dans toute sa longueur. On peut ainsi former une chaîne de personnes tenant entre elles des tubes qui s'illumineront sous l'influence électrique.

On peut aussi illuminer le tube sans le mettre en communication immédiate avec l'excitateur. Pour

Digitized by Google

cela, une surface métallique S (fig. 2) est suspendue à l'une des tiges de l'excitateur E et crée ainsi un champ électrostatique qui s'étend à distance. Un tube de Geissler ou de Crookes, tenu à la main par une de ses extrémités, s'illumine dans le voisinage de la plaque sans cependant avoir avec elle aucun contact immédiat.

Un autre phénomène également très intéressant

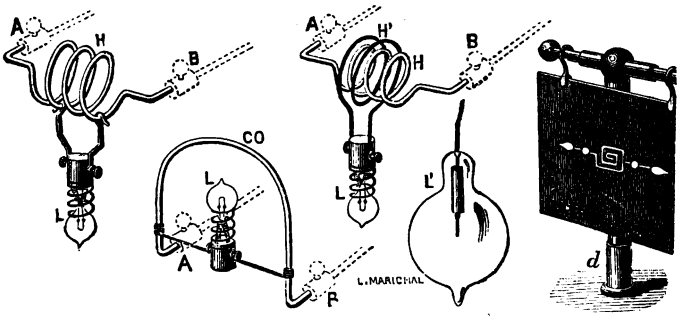

Fig. 2. — Accessoires pour les expériences de M. Tesla.

est celui-ci : suspendons à l'une des tiges de l'excitateur E une lampe L' (fig. 2) à une seule électrode ou même sans électrode ; elle s'illumine et l'on peut voir se produire, surtout si l'on approche la main, une aigrette brillante en forme de pinceau, constituant un phénomène des plus remarquables. L'aigrette se déplace avec la plus grande facilité sous l'influence de la plus faible variation magnétique ; aussi M. Tesla a-t-il cru voir dans ce phénomène à la fois un nouveau mode d'éclairage et peut-être aussi un moyen

Digitized by Google

« de télégraphier à une vitesse quelconque à travers l'Atlantique ».

La cuve R (fig. 1) est enlevée ainsi que le transformateur T qu'elle contient. Dans les deux serre-fils A et B, laissés libres, on serre les extrémités d'un gros fil CO de faible longueur et de résistance presque nulle (0,0007 ohm); une lampe à incandescence L, reliée aux deux extrémités de ce gros fil, s'allume au blanc. Cette lampe étant de 4 volts, il faudrait, pour obtenir le même effet, lancer dans le gros fil un courant *continu* d'environ 6000 ampères.

En substituant au fil CO un solénoïde H d'une dizaine de spires, on peut allumer des lampes L, de différents voltages, qu'on place en dérivation en divers points du solénoïde; deux spires d'intervalle suffisent pour une lampe de 4 volts.

Une lampe L de 4 volts, reliée aux deux extrémités d'un solénoïde H′ de deux spires, s'allume au blanc lorsqu'on introduit à l'intérieur le gros solénoïde H, parcouru par le courant de décharge.

Ces expériences si remarquables deviendront peut-être le point de départ d'applications importantes. « Comment transmettre économiquement les tensions alternatives énormes utilisées dans ces expériences? On peut tout d'abord rapprocher autant que possible la bobine du lieu d'utilisation; mais, même pour une courte transmission, un fil traversant une salle prendrait déjà les 9/10 de l'énergie qu'il transmet. La question est encore à l'étude. Le meilleur système serait peut-être un fil isolé dans une gaine de plomb, en ménageant des divisions dans la couverture métallique.

« Quelle sera la lumière de l'avenir? Utilisera-t-on les corps solides ou les gaz incandescents? L'incandes-

Digitized by Google

cence sera-t-elle due à des phénomènes chimiques ou électriques? Le rendement des sources de lumière actuelles est déplorable; des perfectionnements dans la nature de ces sources peuvent apporter des économies énormes. » M. Tesla pense que l'on trouvera la solution dans l'emploi des courants alternatifs de très grande fréquence et de très hauts potentiels.

Champs magnétiques tournants. — Un champ magnétique tournant est un champ magnétique dont la direction effectue une rotation entière en un certain temps, et repasse périodiquement par les mêmes positions. Différents moyens permettent d'obtenir ce résultat. Le plus simple et le plus ancien consiste à faire tourner un aimant (magnétisme de rotation).

En 1880, MM. Lontin et de Fonvielle réalisèrent un petit appareil, nommé *électrogyroscope*, dans lequel un disque de cuivre tournait sous l'action d'un aimant permanent et d'une bobine de Ruhmkorff disposée en véritable transformateur.

Enfin M. Ferraris, de Turin, a démontré en 1888 que, lorsque deux courants alternatifs de même période, mais *décalés* l'un par rapport à l'autre d'un quart de période (*courants diphasés*), traversent deux circuits disposés à angle droit, la résultante des deux champs magnétiques produits par ces deux circuits est un champ magnétique tournant, d'intensité constante et de vitesse angulaire uniforme, faisant un tour complet pendant la durée d'une période.

Quelle que soit la méthode employée pour produire un champ tournant, une masse métallique quelconque, placée dans un tel champ, tendra à tourner dans le même sens que lui, et avec la même vitesse, si aucune résistance ne s'oppose à ce mouvement. Cette

Digitized by Google

rotation est due aux courants de Foucault qui prennent naissance dans la masse métallique.

L'appareil (fig. 3) permet de vérifier le principe précédent ; il se compose de deux bobines rectangulaires, dont l'une B′ porte deux circuits : le fil primaire, gros et court, reçoit eu AA′ le courant alternatif d'une petite magnéto ; le courant secondaire, qui prend naissance dans le fil long et fin, passe ensuite dans la deuxième

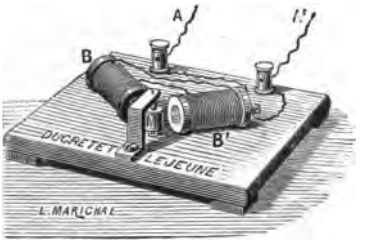

Fig. 3. — Production d'un champ tournant par les courants diphasés.

bobine B, qui est également garnie d'un fil long et fin. Par suite de la self-induction des bobines, si les conditions sont convenablement choisies, ce courant présente avec le premier une différence de phase d'un quart de période, et il se produit un champ tournant à l'intersection des axes des deux bobines. Un petit cylindre métallique M, placé en ce point, prend un mouvement de rotation rapide.

De même trois champs magnétiques faisant entre eux des angles égaux et produits par des courants décalés d'un tiers de période (*courants triphasés*) produiront encore un champ tournant. Ce système peut être réalisé au moyen de trois bobines ABC formant un

Digitized by Google

triangle équilatéral, ou recouvrant chacune un tiers d'un anneau plat (fig. 4), et dans lesquelles on lance des courants triphasés. Le pivot central *p* reçoit une chape en agate A, sur laquelle on place les mobiles M et M'. Le premier, qui est en fer, tourne rapidement; le second, qui est en cuivre, tourne moins vite, mais son mouvement s'accélère beaucoup si l'on ajoute la rondelle de fer F. La chape A, seule, tourne elle-même avec rapidité.

On pourrait obtenir les mêmes effets avec des cou-

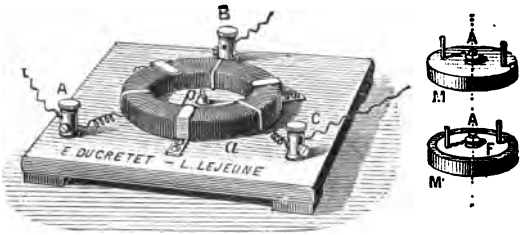

Fig. 4. — Production d'un champ tournant par les courants triphasés.

rants *polyphasés* d'ordre plus élevé. C'est là le principe des moteurs à courants alternatifs polyphasés.

Les champs magnétiques tournants, qui n'avaient reçu d'abord aucune application, sont très employés depuis qu'on les produit au moyen des courants polyphasés. Nous allons donc indiquer les propriétés de ces courants.

Courants polyphasés. — Lorsque deux ou plusieurs courants alternatifs passent aux mêmes moments par leurs maxima et par leurs valeurs nulles, on dit qu'ils ont même période et même phase. Si,

Digitized by Google

tout en gardant la même période, ils passent par ces valeurs à des instants différents, ils sont *décalés* ou *déphasés*. Le nombre des phases différentes à considérer est égal à celui des courants : on a donc des courants *diphasés*, *triphasés*, etc. Généralement on

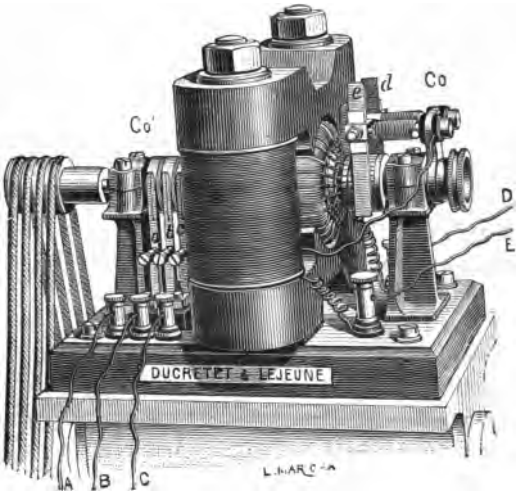

Fig. 5. — Dynamo Gramme donnant des courants continus et triphasés.

règle la différence de phase d'une manière symétrique : les courants diphasés présentent donc une différence de 1/4 de période et les courants triphasés de 1/3. Ces courants se prêtant fort bien à la construction de moteurs avantageux (Voy. CHAMP MAGNÉTIQUE TOURNANT), il est intéressant d'étudier leurs propriétés.

Production des courants polyphasés. — On peut

Digitized by Google

produire des courants diphasés au moyen d'une pile ou d'une machine à courant continu et d'un commutateur spécial, formé de deux commutateurs de Clarke calés sur un même arbre, à 90° l'un de l'autre. Si l'on fait tourner l'appareil, chacun des commutateurs, recevant le courant continu par des ressorts frotteurs, le change en courant alternatif, et la différence de phase est donnée par la distance angulaire de ces commutateurs ; avec trois commutateurs formant des angles égaux, on aurait des courants triphasés.

On peut encore avoir des courants triphasés avec une dynamo à anneau Gramme ; il suffit d'installer sur cet anneau trois prises équidistantes ABC, comme on le voit sur l'anneau D (fig. 9) ; on réalise ainsi le montage en étoile, dont nous parlons plus loin. Ces prises sont reliées à trois bagues continues et isolées, fixées sur l'arbre de l'induit ; trois frotteurs *abc* (1) recueillent les courants triphasés (fig. 5).

Le collecteur habituel CO peut être maintenu, sans changement, sur l'autre extrémité de l'arbre, avec ses frotteurs *de ;* la même machine donne alors, à volonté, des courants continus ou des courants triphasés.

Le plus souvent, on se sert d'alternateurs, dont la partie inductrice est disposée comme pour donner des courants alternatifs ordinaires ; mais l'induit, au lieu de porter une seule série de bobines, en nombre égal à celui des pôles inducteurs, en possède trois si l'on veut avoir des courants triphasés ; les bobines de ces trois séries alternent d'ailleurs régulièrement sur toute l'armature. Lorsque les bobines de la première

(1) Nous démontrons un peu plus loin que trois fils de ligne suffisent pour transmettre les courants triphasés.

Digitized by Google

série se trouvent exactement en face des pôles inducteurs, celles de la seconde en sont distantes d'un tiers et celles de la troisième de deux tiers d'intervalle de pôle. On conçoit que ces trois séries de bobines soient à chaque instant le siège de forces électromotrices décalées l'une par rapport à l'autre d'un tiers de période.

Dans cette disposition, on a en quelque sorte trois

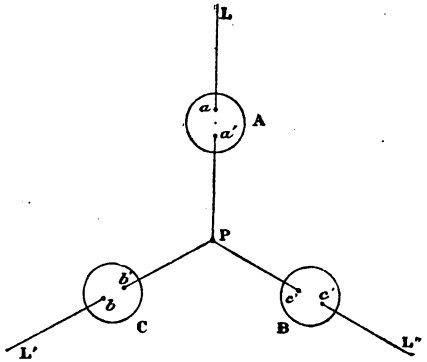

Fig. 6. — Montage en étoile.

alternateurs ayant l'inducteur commun et trois induits distincts calés sur le même axe, à des distances angulaires égales.

On pourrait employer aussi trois alternateurs complètement distincts ; ce système, un peu compliqué, n'a pas été utilisé jusqu'à présent, à notre connaissance, pour les courants triphasés, mais il est appliqué dans l'industrie pour la production des courants diphasés (Voy. p. 69).

Transmission des courants polyphasés. — Il semble au premier abord qu'il soit nécessaire, pour trans-

Digitized by Google

mettre des courants triphasés de leur génératrice a une réceptrice éloignée, d'employer trois lignes distinctes, et par conséquent six conducteurs. Ce nombre peut en réalité être réduit à trois.

En effet, soient A, B, C, les trois circuits générateurs des courants triphasés, *aa'*, *bb'*, *cc'*, leurs pôles (fig. 6). Les différences de potentiel qui existent entre ces trois séries de pôles sont évidemment décalées d'un

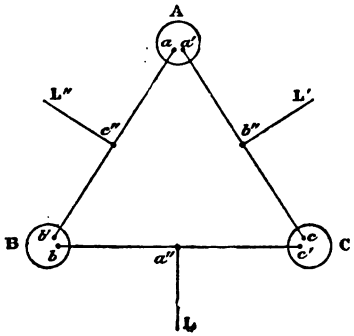

Fig. 7. — Montage en triangle.

tiers de période l'une par rapport à l'autre. Si l'on réunit ensemble les trois pôles *abc*, ils sont nécessairement à un même potentiel, que nous pouvons prendre pour origine. Les autres pôles présentent des potentiels variant d'une manière périodique et décalés l'un par rapport à l'autre d'un tiers de période. Trois des pôles étant ainsi réunis, il suffit d'attacher aux trois autres trois fils de ligne. Les connexions peuvent être établies directement sur les bobines. Ce mode de montage est dit *en étoile ;* il a été appliqué dans les expériences de Lauffen-Francfort.

La figure 7 montre un autre genre de montage, qui

Digitized by Google

permet également de réduire à trois le nombre des fils de ligne, ainsi qu'il est facile de le démontrer. C'est le *montage en triangle.*

Les trois fils de ligne amenant aux appareils récepteurs des potentiels décalés l'un par rapport à l'autre d'un tiers de période, ceux-ci pourront être montés, comme les générateurs, soit en étoile, soit en triangle. Ces courants peuvent alimenter directement des foyers lumineux, pourvu qu'ils soient installés suivant

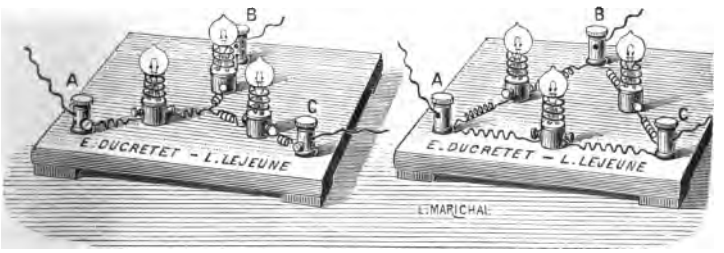

Fig. 8. — Montage des lampes alimentées par des courants triphasés.

l'une de ces deux dispositions (fig. 8); les trois fils de lignes s'attachent en A, B, C. On a essayé aussi, à Francfort, une lampe à trois filaments, reliés avec les trois fils de ligne et réunis par leur sommet.

Cette symétrie et cette égalité de section des conducteurs constituent un avantage des courants triphasés sur les courants diphasés. Pour ces derniers, il faut employer quatre fils, ou trois seulement, dont un plus gros servant de retour commun aux deux autres.

Principe des moteurs à courants polyphasés. — Dans un moteur à courants polyphasés, l'inducteur doit

Digitized by Google

être disposé pour produire un champ magnétique tournant. Ainsi, pour les courants triphasés, cet inducteur se composera essentiellement de bobines, au nombre de trois ou d'un multiple de trois, placées à

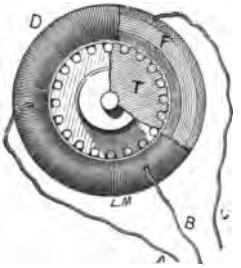

Fig. 9. — Anneau de Gramme disposé en récepteur pour courants triphasés.

angles égaux. Ces bobines peuvent être enroulées sur trois noyaux disposés suivant les trois rayons équidistants d'un anneau en fonte; elles peuvent aussi être disposées en triangle. Enfin l'anneau de Gramme peut

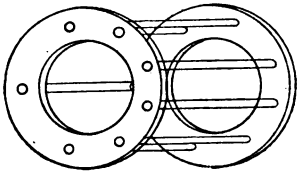

Fig. 10. — Schéma d'un induit pour courants polyphasés.

servir facilement d'inducteur pour ces courants : il suffit de le diviser en trois bobines égales A, B, C, qu'on relie aux trois fils de ligne (fig. 9). Il se produit à l'intérieur un champ tournant.

L'induit T, placé dans ce champ, peut être un

Digitized by Google

conducteur quelconque. Il est formé le plus souvent, comme le montre la figure 10, de deux anneaux plats de cuivre, réunis par des barres de même métal, disposées suivant les génératrices d'un cylindre. L'ensemble représente assez bien une cage d'écureuil. Afin d'augmenter la perméabilité, toutes ces tiges sont noyées dans des disques de fer superposés, dont elles sont isolées électriquement.

Dans les moteurs d'une grande puissance, l'induit est généralement fixe et l'inducteur mobile.

Lorsque l'induit est mobile, il faut remarquer qu'il constitue un circuit fermé et n'a besoin ni de balais, ni de frotteurs d'aucune espèce; tout l'entretien se réduit donc au graissage des paliers.

Au moment du démarrage, l'induit, étant immobile, est traversé par des courants de Foucault très intenses, ce qui pourrait être dangereux pour les moteurs de grande puissance. Dans ce cas, on intercale dans le circuit induit une résistance, qu'on diminue graduellement jusqu'à ce que l'armature se trouve en court circuit.

Transformation des courants continus en courants polyphasés; transformation inverse. — Considérons une machine de Gramme disposée pour donner à volonté des courants continus ou des courants triphasés (fig. 5). Si, par l'intermédiaire des balais *de*, on lance dans l'anneau un courant continu, on pourra recueillir sur les frotteurs *abc* des courants triphasés. La réciproque est évidemment vraie. M. Schuckert avait exposé à Francfort une machine réalisant la même transformation pour les courants diphasés et continus.

Avantages des courants polyphasés. — Ces courants

Digitized by Google

sont les seuls actuellement qui permettent de réaliser à la fois la transmission électrique de l'énergie à grande distance, sa transformation, sa distribution et son application à l'éclairage et à la force motrice, enfin sa transformation en courants continus.

Digitized by Google

CHAPITRE II

PRODUCTION DE L'ÉLECTRICITÉ ; PILES ET DYNAMOS.

Pile de Lalande et Chaperon. — Piie Leclanché-Barbier. — Pile Jeanty. — Appareil Fulgur. — Dynamos à courant continu. — Turbo-générateur électrique. — Dynamo à gaz. — Dynamo Leeds à courant constant. — Dynamo Scott et Mountain. — Dynamo multipolaire Rechniewski. — Machine à inducteurs sectionnés. — Machine à collecteur séparé. — Dynamo à pédales. — Dynamos à courants alternatifs : Alternateurs Zipernowsky, Labour, Cail-Helmer. — Alternateur-volant O. Patin. — Alternateurs Kingdon, Pyke et Harris, Emilio Belloni, J. A. Ewing, Thomson-Houston. — Machines à courants polyphasés : Zipernowski, Westinghouse, Siemens et Halske. — Dynamo dimorphe.

Pile de Lalande et Chaperon. — On sait que la pile de Lalande et Chaperon utilise comme dépolarisant l'oxyde noir de cuivre, qui est solide et qu'on place au contact du pôle positif.

L'électrode négative est une lame de zinc et le liquide une dissolution de potasse caustique à 30 ou 40 degrés.

Dans les modèles les plus récents (fig. 11), cet oxyde est aggloméré sous forme de plaques telles que C ; l'électrode positive est une lame de tôle découpée D, cuivrée à la surface et repliée de manière à présenter

Digitized by Google

un logement où se place l'aggloméré, qui est maintenu en place au moyen de deux clavettes-ressorts en cuivre laminé. La lame D est fixée sur le couvercle de faïence B par une vis et un écrou surmonté d'un bouton moleté E.

Le zinc Z, de forme rectangulaire, est rivé sur

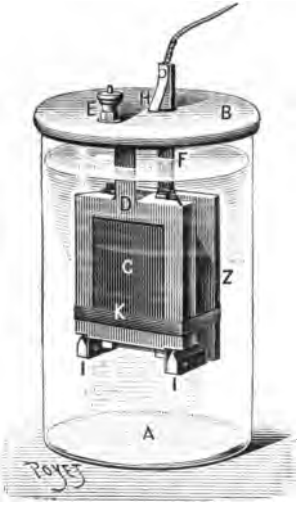

Fig. 11. — Élément de Lalande et Chaperon à aggloméré, petit modèle.

une lame métallique F, portant à sa partie supérieure un ressort d'acier H et un fil conducteur en cuivre. Pour mettre le zinc en place, l'aggloméré étant déjà fixé, on introduit dans l'ouverture rectangulaire du couvercle l'extrémité du fil, puis la lame F, qu'on pousse verticalement jusqu'à ce que, le ressort ayant fléchi, son extrémité dépasse l'ouverture et vienne reposer sur la surface du couvercle. Deux pièces d'ébonite II,

Digitized by Google

rivées sur la lame D, servent à maintenir le zinc et l'oxyde de cuivre à la distance convenable ; un bracelet de caoutchouc K assure la position des deux électrodes.

Dans les éléments de plus grandes dimensions, il y a trois zincs et deux agglomérés ; les plaques de même espèce sont réunies en quantité.

Pile Leclanché-Barbier. — Le modèle de cette pile décrit dans notre *Dictionnaire* (1) a été remplacé

Fig. 12. — Nouvel élément Leclanché-Barbier.

par le type ci-dessus (fig. 12), dans lequel le pôle positif est toujours constitué par un cylindre creux aggloméré, composé de charbon et de peroxyde de manganèse ; le zinc est toujours placé au centre ; il est donc entouré par la matière dépolarisante, dont tous les points se trouvent également soumis à l'action du courant, ce qui donne un meilleur rendement. La forme du vase de verre permet d'obtenir un bouchage à peu près hermétique, par l'interposition

(1) *Dictionnaire d'électricité*, p. 588.

Digitized by Google

d'un joint en caoutchouc. On supprime ainsi l'évaporation et par suite les sels grimpants, qui salissent les piles et chlorurent les contacts.

Pile Jeanty. — M. Jeanty a imaginé une nouvelle disposition de pile à écoulement, qui peut convenir à un grand nombre d'éléments, mais qu'il applique en particulier à la pile Daniell, montée aux deux sulfates. Ce couple offre en effet divers avantages : il est bien constant et économique, lorsqu'il travaille d'une manière continue ; il ne nécessite pas de produits dangereux et ne dégage aucune odeur ; enfin, il fournit des sous-produits, cuivre et sulfate de zinc, assez abondants pour qu'on puisse les revendre.

Dans la plupart des piles à alimentation automatique, les tuyaux qui réunissent les divers éléments établissent des dérivations nuisibles ; en outre, il finit toujours par s'établir entre les couples constituants des différences d'état qui s'opposent au bon fonctionnement. M. Jeanty a cherché à éviter ces inconvénients en alimentant chaque couple isolément et seulement au fur et à mesure de ses besoins ; il emploie pour cela, suivant les cas, trois dispositions différentes.

Le vase extérieur, renfermant la lame de cuivre et le sulfate de cuivre, est généralement rectangulaire et porte un trop-plein, qui débouche dans une gouttière. A l'intérieur se trouvent un vase poreux, qui contient le zinc et le sulfate de zinc, et un réservoir, percé de trous à la partie inférieure, qui reçoit une provision du sel dépolarisant solide. Le vase poreux permet au liquide chargé de sulfate de zinc de s'échapper par simple osmose et d'arriver dans le vase extérieur : là ce liquide, moins dense que la solution saturée de sulfate de cuivre, monte à la surface et sort

Digitized by Google

par le trop-plein. Le vase extérieur contient donc, lorsque l'appareil fonctionne, une série de couches horizontales, de densité décroissante, celles du fond étant entièrement formées par du sulfate de cuivre

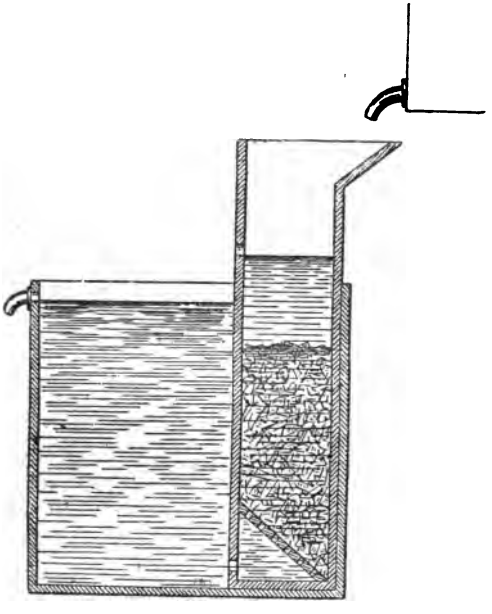

Fig. 13. — Pile Jeanty : première disposition.

saturé, celles de la surface par du sulfate de zinc étendu. Il suffit donc, pour assurer le fonctionnement, de faire arriver dans le vase extérieur une quantité suffisante de sulfate de cuivre saturé, ce qui détermine l'écoulement du sulfate de zinc.

Une première disposition repose sur le principe des vases communiquants. Le réservoir à sulfate de cuivre

Digitized by Google

est muni d'un trop-plein, plus élevé que celui du vase extérieur (fig. 13), et qu'il convient de faire déboucher, par un plan incliné, dans le vase poreux. Le niveau du sel solide étant maintenu constant par une disposition spéciale, le réservoir renferme deux couches de liquide superposées, l'une de sulfate de cuivre saturé, l'autre d'eau pure, dont la pression fait équilibre à celle du liquide placé dans le vase extérieur. Si la densité de ce dernier vient à diminuer, l'équilibre se trouve rompu : une certaine quantité de liquide saturé pénètre dans l'élément et chasse par le trop-plein une quantité égale de liquide usé. Il s'établit ainsi un régime permanent d'alimentation ; un robinet quelconque fournit au réservoir un courant d'eau continu, dont on règle la vitesse. Lorsque le réservoir est rempli, l'eau en excès s'écoule, comme nous l'avons dit, dans le vase poreux, et chasse par le trop-plein les produits accumulés à la surface de l'élément.

Un second dispositif assure l'alimentation par des moyens mécaniques. Le trop-plein du réservoir est supprimé (fig. 14) ; un flotteur plat, plongeant dans le vase extérieur, commande un entonnoir distributeur, qui peut osciller autour d'un axe horizontal, au-dessus d'un dos d'âne. Quand le flotteur se trouve à la surface, l'entonnoir déverse le courant d'eau à la partie supérieure de l'élément, où il entraîne le liquide usé : si la densité diminue dans le vase extérieur, le flotteur s'enfonce et l'eau s'écoule dans le réservoir, chassant, par les orifices inférieurs, une petite quantité de dissolution saturée.

Enfin on peut régler l'alimentation de manière à rendre constants soit le courant, soit la différence de

Digitized by Google

potentiel aux bornes (fig. 15). Le flotteur et l'entonnoir distributeur sont reliés avec l'armature d'un solénoïde traversé par le courant qu'on veut maintenir constant. Un ressort règle la position de l'armature et de l'en-

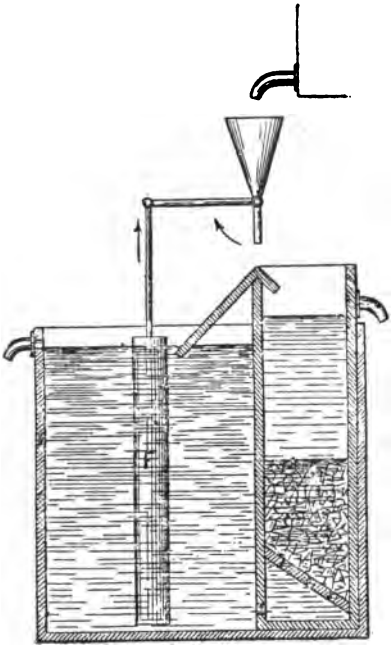

Fig. 14. — Pile Jeanty : seconde disposition.

tonnoir pour le courant normal. Si l'intensité diminue, le solénoïde s'abaisse sous l'action de la pesanteur, l'eau tombe dans le réservoir et fait passer dans l'élément une certaine quantité de dissolution saturée ; si le courant augmente, l'eau tombe dans le vase extérieur.

Digitized by Google

Si l'on veut régler la différence de potentiel, on met le solénoïde, constitué par du fil fin, en dérivation aux bornes de la batterie.

Ce mode de réglage ne peut s'appliquer qu'à des

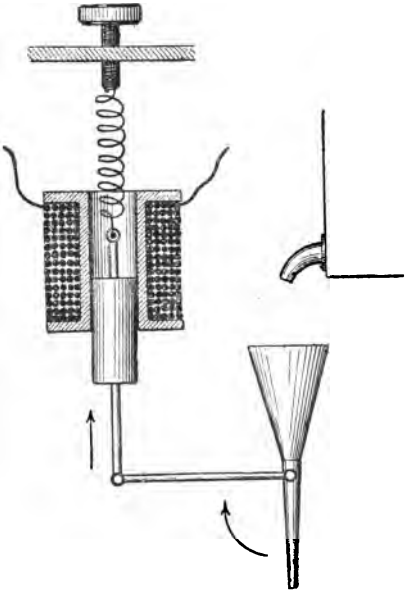

Fig. 15. — Pile Jeanty : troisième disposition.

variations lentes et faibles, l'introduction du liquide n'agissant pas aussi vite qu'un régulateur de tension.

Appareil Fulgur. — Cet appareil, destiné à l'éclairage électrique domestique, se compose d'une batterie d'accumulateurs et d'une pile Jeanty ; le tout peut être renfermé dans une armoire, ne laissant apparaître que les appareils de contrôle et de mesures. Aux

Digitized by Google

heures les plus favorables, on charge les accumulateurs avec la pile automatique, qui n'exige aucune surveillance : il suffit d'ouvrir un robinet et d'ajouter de temps en temps une petite quantité de sulfate de cuivre. Les accumulateurs, une fois chargés, peuvent être employés au moment voulu.

Bien que la pile hydro-électrique soit toujours un générateur coûteux, l'appareil Fulgur constitue une tentative intéressante en vue de rendre pratique l'application de cette source d'électricité.

DYNAMOS A COURANT CONTINU.

Turbo-générateur électrique. — On sait que le rendement pratique des machines à vapeur à mouvement alternatif, qui utilisent la pression de la vapeur, s'éloigne beaucoup du rendement théorique donné, à la limite, par le cycle de Carnot. Aussi a-t-on songé, depuis un certain nombre d'années, à remplacer ces machines par des turbines à vapeur, fondées sur le même principe que les turbines à eau. Ces appareils commencent à être employés assez fréquemment dans les installations électriques : aussi croyons-nous devoir en dire quelques mots.

Au lieu d'utiliser la pression de la vapeur, les turbines laissent cette vapeur se détendre d'elle-même, en prenant la vitesse déterminée par les pressions des deux milieux où l'on opère (chaudière et condenseur, chaudière et atmosphère ou pression intermédiaire) ; elles utilisent ensuite cette énergie cinétique dans un mécanisme semblable aux turbines, qu'elles mettent en mouvement par une modification continue de la

Digitized by Google

direction de la vitesse relative et une réduction graduelle de la vitesse absolue.

L'un des premiers appareils de ce genre fut le turbomoteur Parsons, construit vers 1884 et plusieurs fois modifié depuis. Les turbines de Last, de Daw, de Mac-Elroy, d'Edwards, de Seger sont des machines du même genre.

M. de Laval a imaginé en 1891 un moteur dont le dispositif est très différent et qui donne des résultats bien supérieurs.

Cet appareil se compose d'une boîte d'arrivée de vapeur, dans laquelle fonctionne un obturateur très sensible, mû par un régulateur à force centrifuge. Au sortir de cet obturateur, la vapeur se répand dans une couronne circulaire, d'où divergent un certain nombre de canaux à section croissante, dans lesquels la pression passe de la valeur qu'elle avait dans la chaudière à celle qui correspond à l'échappement, tandis que le fluide acquiert une vitesse croissante.

La vapeur vient frapper alors les aubes d'une roue montée sur un arbre élastique, et leur communique un mouvement de rotation si rapide qu'elle ne reste pas plus de $\frac{1}{60\,000}$ de seconde dans les aubes; elle sort ensuite directement par le tuyau d'échappement. La turbine, en tournant, entraîne l'arbre, dont l'extrémité porte un pignon à dents héliçoïdales et doubles dentures inclinées symétriquement, qui engrène avec une roue de diamètre dix fois plus grand; l'axe de cette roue porte une poulie ou le plateau d'entraînement d'une dynamo, qui reçoit ainsi une vitesse dix fois moindre que celle du pignon. Le régulateur à force centrifuge est monté sur l'arbre de la roue.

Digitized by Google

La figure 16 montre une turbine Laval associée directement avec une dynamo.

Le rendement pratique maximum de cette machine peut s'élever à 57 p. 100, tandis que, dans les bonnes machines ordinaires, consommant 9 kilog. de vapeur par cheval effectif, il ne dépasse pas 43 p. 100.

Les avantages d'une telle machine sont les suivants :

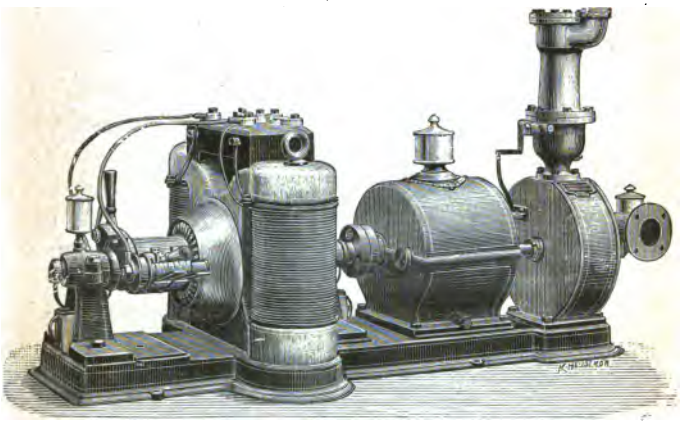

Fig. 16. — Turbine Laval accouplée avec une dynamo.

1° La vapeur, arrivant sur les aubes à la pression exacte qu'elle doit avoir en s'en échappant, n'a aucune tendance à dévier de la trajectoire que lui impriment les ajutages, étant donnée surtout sa vitesse. Il n'est donc nul besoin que les pièces en mouvement soient étanches, et, en fait, il y a 3 millimètres de jeu entre la turbine et toutes les parois de la chambre dans laquelle elle se meut.

Ainsi est évité ce défaut capital de toutes les machines rotatives et des turbo-moteurs Parsons, dans

Digitized by Google

lesquels l'étanchéité des pièces en mouvement, qui est une condition essentielle d'un bon fonctionnement et d'une consommation réduite, ne peut résister à un service prolongé.

2° Le seul mouvement des pièces étant un mouvement circulaire continu, l'appareil n'éprouve ni trépidations ni vibrations. Il peut fonctionner en étant simplement posé sur le sol, sans fondations.

3° Le disque monté sur l'axe étant la seule pièce en mouvement et étant enfermé dans une chambre, aucune surveillance n'est nécessaire ni même possible. La présence d'un mécanicien est donc absolument superflue.

4° La vapeur arrivant sur la turbine par un certain nombre d'ajutages, variable selon la puissance de la machine, on peut réduire la consommation presque proportionnellement au travail demandé, en fermant, grâce aux vannes réglables, un ou plusieurs de ces ajutages.

5° La circulation de la vapeur étant continue, chaque point du conduit de vapeur reste toujours à la même température, et n'est pas soumis aux alternatives de chaud et de froid qui influent si profondément sur la consommation de vapeur dans les cylindres des machines ordinaires.

6° Les frottements des pièces en contact se réduisent à ceux des deux tourillons de l'arbre et de l'engrenage.

Or, le poids du système en rotation étant très petit, la pression sur les coussinets est aussi réduite que possible, et l'effort par tour étant également très faible, vu le grand nombre de rotations par seconde, la pression par millimètre carré sur les engrenages,

Digitized by Google

dont les dents sont très longues et dont la disposition permet d'avoir toujours trois dents en prise, est extrêmement réduite. C'est ce qui assure la conservation de ces pièces, dont un fonctionnement continu pendant deux ans ne semble pas altérer le tracé.

7° Le poids par cheval des moteurs oscille entre 17 et 32 kilogrammes jusqu'à 50 chevaux, et pourrait encore être très réduit. De même, les dimensions des appareils sont extrêmement restreintes.

8° Le prix de ces machines est, en conséquence, notablement inférieur au prix des machines à vapeur ordinaires de même puissance.

Enfin la consommation de vapeur descend jusqu'à des valeurs qu'on ne pouvait espérer.

Elle est de 15 kilogrammes par cheval pour les moteurs de 10 chevaux travaillant à condensation, avec une pression de 10 kilogrammes, et descend, dans ces conditions, à 9 kilogrammes pour les moteurs de 50 chevaux. Il est même presque certain que, pour les moteurs de 300 chevaux, elle atteindra 7, 5 kilog. par cheval.

Dynamo à gaz. — On donne ce nom à l'ensemble constitué par une dynamo associée directement avec un moteur à gaz. Cette disposition est très employée, surtout pour la production de la lumière électrique. Les deux machines, moteur et dynamo, n'en forment réellement qu'une seule et sont d'une installation et d'un service extrêmement faciles.

La figure 17 montre un dispositif très simple combiné par la maison Bréguet.

Le moteur, de construction spéciale, résume tous les perfectionnements apportés dans ces dernières années à la construction des moteurs à gaz. La

Digitized by Google

vitesse est rendue parfaitement régulière par l'emploi d'un régulateur très effectif, qui maintient l'allure du moteur absolument constante, quel que soit le travail qui lui est demandé. La vitesse, de 250 tours par minute, a été choisie comme convenant également bien au moteur et à la dynamo, et permettant d'assurer le bon fonctionnement de tous les organes, sans exiger les précautions trop grandes que nécessitent des vitesses plus élevées.

La dynamo, tournant comme le moteur à la vitesse de 250 tours, se trouve dans des conditions de fonctionnement tout particulièrement favorables à sa bonne conservation et au parfait entretien des balais et du collecteur, entretien qui devient pour ainsi dire nul. Elle est reliée au moteur par un accouplement élastique spécial, système Raffard, déjà employé très avantageusement dans les dynamos à vapeur des mêmes constructeurs, et qui montre ici son efficacité d'une manière complète. Son interposition entre le moteur et la dynamo fait disparaître, d'une manière absolue, les variations de vitesse pendant deux tours, qu'il est impossible d'éviter sur les machines à explosion comme les moteurs à gaz à quatre temps. L'impulsion produite par l'explosion du gaz est entièrement emmagasinée par les caoutchoucs de l'accouplement, qui restituent, pendant la période de ralentissement, l'excès d'énergie qu'ils ont absorbée et maintiennent ainsi à la dynamo une rotation d'une régularité absolue.

Il suffit de voir fonctionner une fois la dynamo à gaz sur des lampes à incandescence pour vérifier cette propriété si importante de cet accouplement spécial, sans lequel la dynamo à gaz restait imparfaite et bornée dans ses applications.

Digitized by Google

La dynamo représentée est du système Desrosiers.

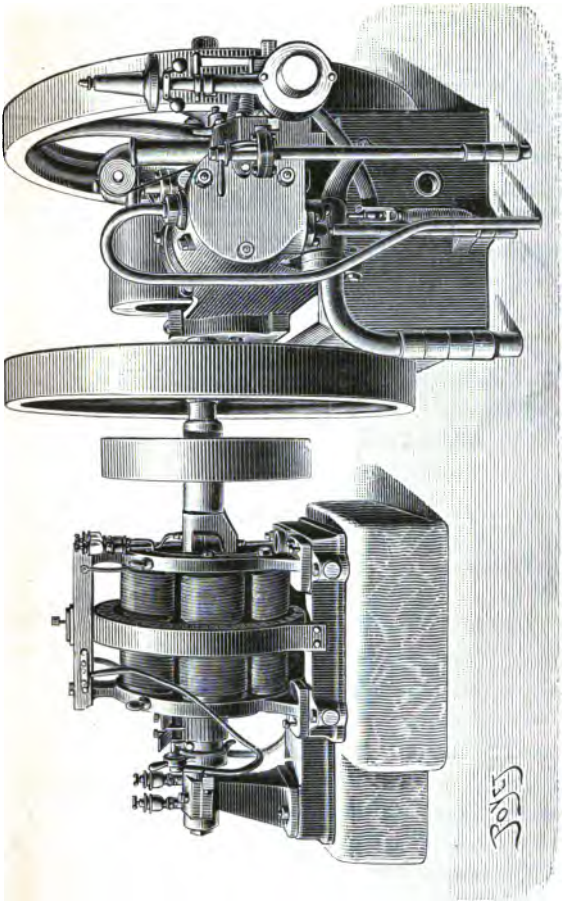

Fig. 17. — Dynamo à gaz.

Les applications des dynamos à gaz sont nombreuses, car elles peuvent être utilisées avantageuse-

Digitized by Google

ment à la production du courant électrique toutes les fois qu'on peut employer comme agent de force motrice le gaz d'éclairage ordinaire, ou un gaz pauvre comme, par exemple, celui du gazogène Dowson.

Le prix de revient de l'éclairage électrique, avec les dynamos à gaz, est de beaucoup inférieur, même avec des lampes à incandescence, à celui d'un éclairage de même intensité, obtenu par la consommation directe du gaz dans le meilleur brûleur connu.

Ainsi, pour un appareil d'une puissance de 8000 watts, avec lequel on alimente 220 lampes de 10 bougies, la quantité de gaz consommée par le moteur n'excède pas 12 mètres cubes à l'heure, tandis que la consommation de 220 becs de gaz de puissance correspondante (un carcel) est toujours d'environ 110 litres par bec, ou 24,2 mètres cubes. La quantité e gaz consommée est donc réduite de moitié.

L'avantage est encore bien plus important lorsque le prix du gaz employé comme force motrice est inférieur à celui du gaz consommé directement dans les brûleurs.

Le prix de revient de la lumière est également réduit de moitié lorsqu'on compte la dépense au prix ordinaire de 0,15 fr. l'hectowatt, pratiqué par les secteurs parisiens.

Dynamo Leeds à courant constant. — Cette machine, construite par MM. Greenwood et Batley, de Leeds, est destinée aux distributions à intensité constante, système qui convient surtout à l'éclairage des grands espaces.

C'est une machine à anneau, du type supérieur, donnant un courant continu, à intensité constante et à potentiel variable. Ce résultat s'obtient par un

Digitized by Google

simple décalage des balais, dû à un mécanisme placé à la partie supérieure de la machine (fig. 18).

Les inducteurs de la dynamo se prolongent au-dessus de l'induit et forment comme un moteur à anneau plat M, muni d'un commutateur ordinaire et d'une paire de balais, et qui reçoit un faible courant d'un commutateur inverseur spécial. Ce commutateur comprend un électroaimant *c*, excité par le courant

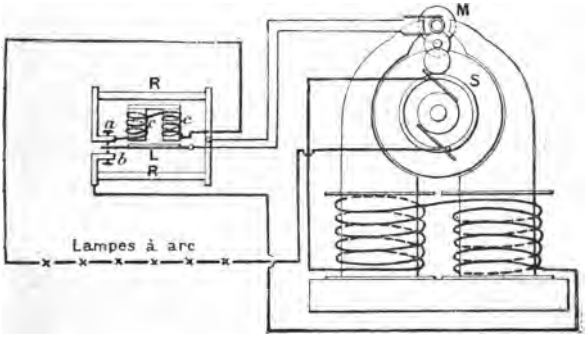

Fig. 18. — Réglage de la dynamo Leeds à courant constant.

principal, une armature L, qui oscille entre deux butoirs *ab*, et deux résistances en charbon R, de 15 centimètres environ de longueur et 1,2 de diamètre.

Lorsque le courant possède son intensité normale, l'armature ne touche aucun des deux butoirs et l'anneau M ne reçoit pas de courant. Dès que l'intensité s'écarte légèrement de la valeur fixée, dans un sens ou dans l'autre, l'armature vient au contact de *a* ou de *b*, et envoie dans l'anneau M un courant, positif ou négatif, qui le fait tourner dans un sens ou dans l'autre. Cette rotation produit, par l'intermédiaire d'un train d'engrenages, un décalage des balais qui

Digitized by Google

augmente ou diminue la force électromotrice et maintient le courant constant.

Le rendement de la machine est très élevé à toutes les charges. Le régulateur n'absorbe qu'une fraction négligeable de la puissance, 0,25 p. 100. Il ne se produit pas d'étincelles aux balais. Le courant est assez constant pour qu'on puisse mettre à la fois dans le circuit des lampes à incandescence et des régulateurs, propriété qui peut souvent être précieuse.

Dynamo Scott et Mountain. — Cette machine, à courant continu, est caractérisée par la position de l'inducteur unique, qui est cylindrique et placé horizontalement au-dessus de l'armature (fig. 19); on a ainsi l'avantage d'abaisser l'axe de rotation et d'augmenter la stabilité; la machine, très compacte, peut se déplacer facilement.

Sur le socle, de grandes dimensions, sont boulonnées de larges équerres de bronze qui soutiennent l'inducteur. Le noyau de celui-ci, qui est en fer doux, est relié aux flasques de fonte des pièces polaires par un large anneau fileté. L'alésage des pièces polaires et des paliers se fait en une seule fois, pour assurer la parfaite coïncidence de leurs axes.

Le noyau de l'induit se compose de disques de tôle, que maintient un noyau central fait en deux moitiés et portant trois nervures qui s'engagent dans des rainures pratiquées dans ces disques ; les deux parties de ce noyau central sont maintenues sur l'arbre par des écrous.

Le commutateur est isolé au mica et monté sur un cylindre indépendant en bronze, calé sur l'arbre au moyen d'écrous coniques ; cette disposition permet de le démonter et de le remplacer facilement, en cas

Digitized by Google

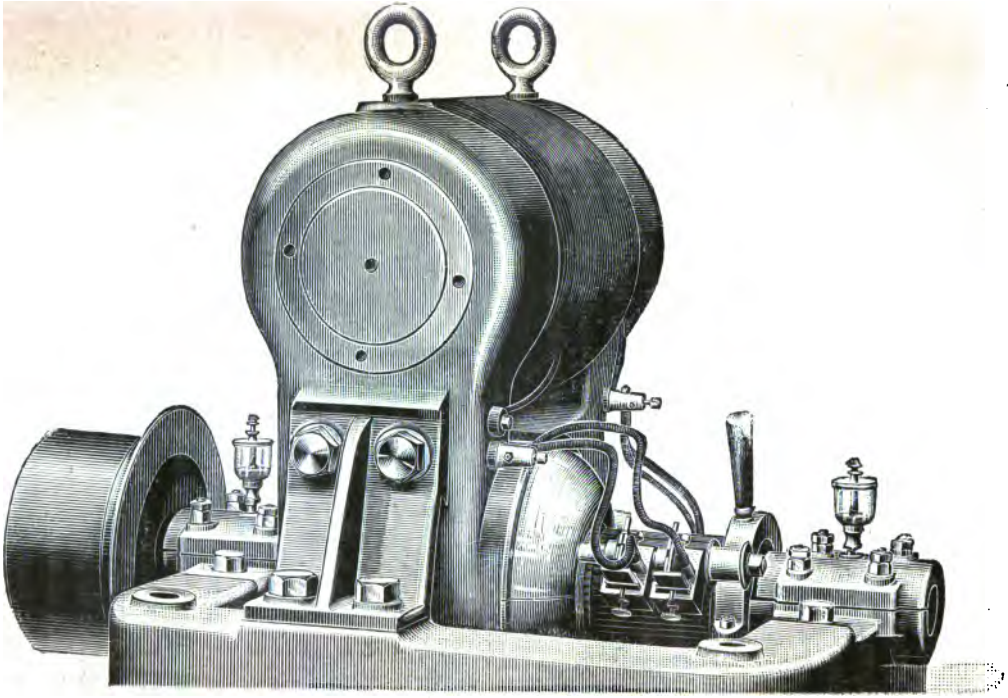

Fig. 19. — Dynamo Scott et Mountain.

Digitized by Google

d'usure. Deux calottes de laiton protègent l'armature contre la poussière et l'humidité.

Dynamo multipolaire Rechniewski. — Les figures 20 et 21 montrent le nouveau type de ces dynamos à 4 pôles, construites par la Société l'Éclairage électrique, sous la direction de M. Labour.

Les inducteurs sont en tôles de 0,6 à 0,7 mm., découpées à l'emporte-pièce dans une bande, comme le montre la figure 22 ; on abat ensuite à la cisaille la languette couverte de hachures, puis ces tôles sont serrées par des boulons entre deux flasques de fonte, qui sont coupées à la hauteur de l'axe pour faciliter le montage et le démontage. Le fil est supporté par des carcasses en bois un peu plus larges que les jambes des inducteurs, afin d'augmenter l'isolement et d'assurer la ventilation.

L'induit est formé par un assemblage de tôles dentées, de 0,4 à 0,5 mm. d'épaisseur, isolées par des couches de papier verni et portées par des croisillons en bronze à six branches. Les dents sont recouvertes à l'intérieur de carton gomme-laqué, qui rend l'isolement meilleur et protège le fil pendant le bobinage ; leurs dimensions sont calculées pour diminuer autant que possible les réactions d'induit et permettre sans inconvénient un fort décalage de balais. L'enroulement est polygonal ; les raccords sont faits de manière à diminuer la masse de fil aux calottes et à ne nuire ni à l'isolement ni à la ventilation.

Le collecteur, en cuivre rouge, est monté sur une douille de bronze, ce qui permet de le remplacer facilement en cas d'usure. Les balais sont aisément démontables ; ils se croisent sur le collecteur, pour éviter la formation de saillies entre eux.

Digitized by Google

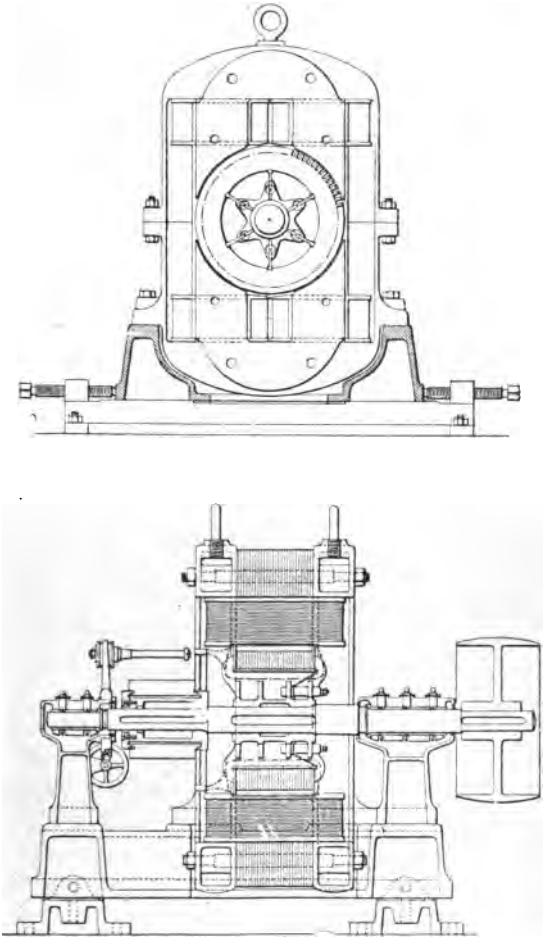

Fig. 20. — Machine multipolaire Rechniewski, type 1892 (coupes transversales).

Digitized by Google

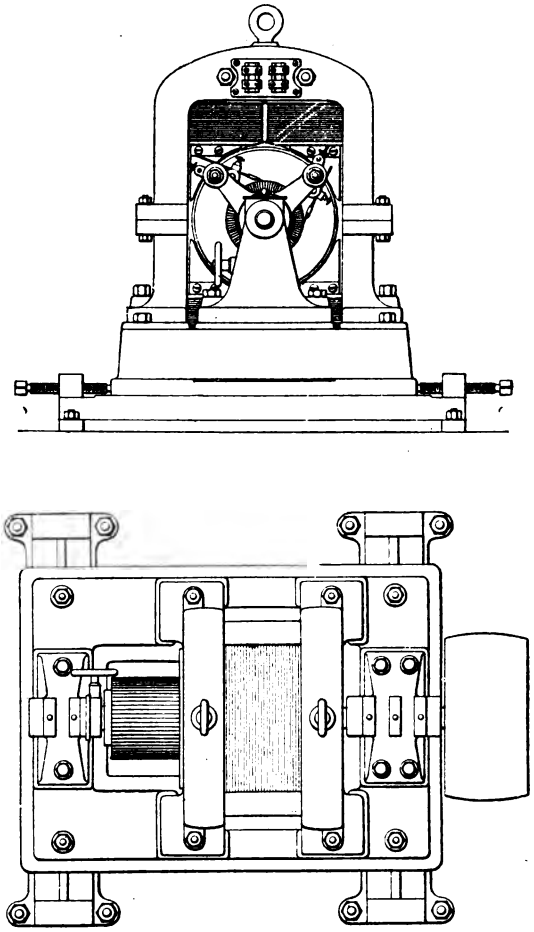

Fig. 21. — Machine Rechniewski (plan et vue latérale, côté du collecteur).

Digitized by Google

Deux de ces machines ont été achetées récemment pour l'éclairage des bâtiments en fer de l'arsenal de Brest. Elles ont une puissance de 30 à 40 kilowatts

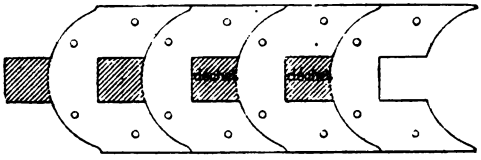

Fig. 22. — Dynamo Rechniewski; mode de découpage des tôles des inducteurs.

pour une vitesse de 600 tours environ. Les essais ont indiqué un rendement voisin de 92 p. 100.

Dynamo à inducteurs sectionnés. — Il est souvent difficile de démonter les dynamos de grande puissance pour les examiner, les nettoyer ou les réparer, et de remettre ensuite l'induit à sa place. Cette difficulté a été levée dans les grandes machines Elwell- Parker, construites par l'*Electric Construction Corporation* pour l'éclairage de Manchester et les tramways du South Staffordshire.

Dans ces machines, qui sont du type supérieur, on a rendu mobile la partie supérieure des épanouissements polaires, en faisant des sections obliques qui descendent jusqu'au niveau de l'axe de la bobine. Si on enlève les boulons qui tiennent ces chapeaux et qu'on les soulève ensuite avec un palan, on met à nu la partie supérieure de l'armature, et l'on peut faire toutes les réparations nécessaires sans avoir besoin de démonter les paliers, ce qui est une opération longue et difficile et exige beaucoup de précautions pour que tout soit bien remis en place.

Digitized by Google

Machine d'induction à collecteur séparé. — Pour pouvoir augmenter le nombre des pôles des génératrices à courant continu et rendre la construction de ces machines aussi simple que celle des alternateurs, tout en réduisant le collecteur à ses dimensions les plus

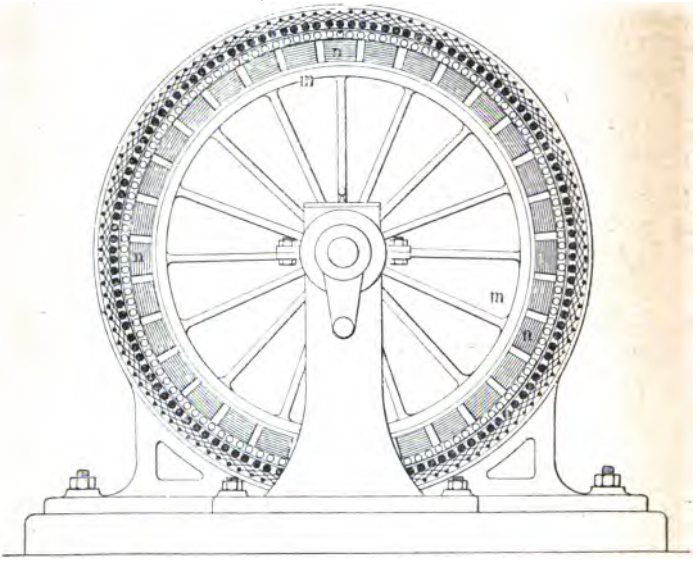

Fig. 23. — Machine à courants continus à collecteur séparé.

faibles, MM. Hutin et Leblanc adoptent la disposition suivante.

Le collecteur est complètement séparé de la machine et tourne avec une vitesse différente de celle de cette dernière ; le rapport de ces vitesses a constamment une valeur déterminée ; le collecteur est entraîné par une transmission mécanique ou par un moteur synchrone muni d'un circuit amortisseur. Nous représen-

Digitized by Google

tons ci-contre (fig. 23) une machine dont l'inducteur est mobile et porte 16 paires de pôles *n* alternativement positifs et négatifs. L'induit est fixe. Chaque machine

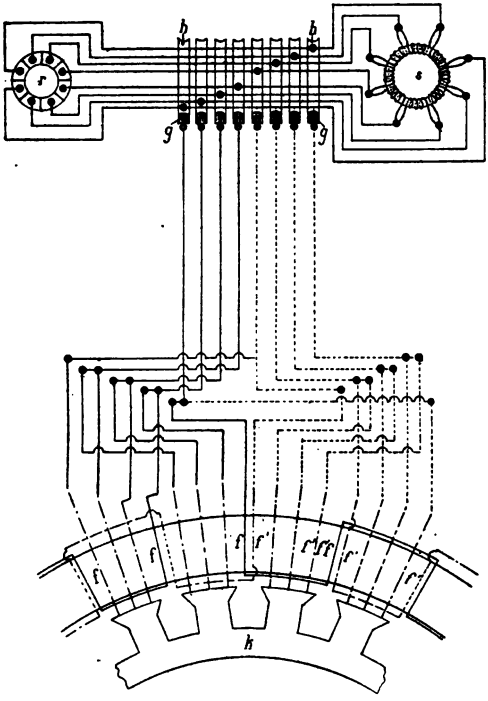

Fig. 24. — Machine à collecteur séparé.

élémentaire est formée par une paire de pôles et 8 sections de l'induit. Toutes les sections qui subissent au même instant la même induction sont montées en tension ; on a donc finalement 8 circuits distincts qui se rendent au collecteur réduit *r* (fig. 24). Ce collecteur

Digitized by Google

n'a que 8 lames ; il est mis en mouvement par un moteur synchrone dont l'armature est représentée en *s*. Sa vitesse sera égale à 16 fois celle de la dynamo. Les 8 circuits sont mis en relation avec les touches du col-

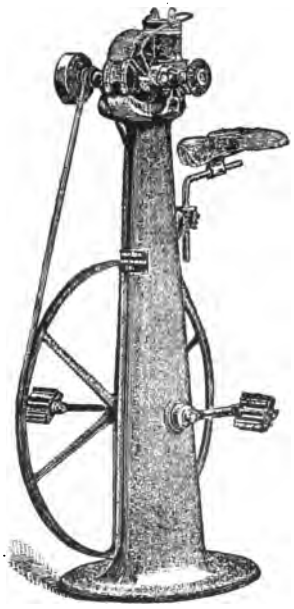

Fig. 25. — Dynamo à pédales.

lecteur *r* par des frotteurs *g* s'appuyant sur des bagues *h*.

Dynamo à pédales. — Cette petite machine, d'origine américaine, reçoit le mouvement par courroie d'un volant muni de deux pédales (fig. 25) ; elle est fixée au sommet d'un support en fonte portant un siège latéral ; pour faire marcher la machine, on s'assied

Digitized by Google

sur ce siège et l'on actionne les pédales avec les deux pieds ; on peut se procurer ainsi, sans bouger, l'illusion d'une course rapide sur un vélocipède. Cette machine convient à tous les petits travaux électriques : on dit qu'elle permet d'argenter une douzaine de fourchettes en 20 minutes. Elle porte une poulie qui permet de lui appliquer, au besoin, une force motrice plus considérable. Les parties métalliques de la transmission sont nickelées, pour montrer un exemple des travaux que peut effectuer l'appareil.

DYNAMOS A COURANTS ALTERNATIFS.

Alternateur Labour. — M. Labour, ingénieur de la Société l'Éclairage électrique, a combiné un alternateur à basse tension, spécialement destiné à remplacer les magnétos Méritens pour l'éclairage des phares.

Les pôles inducteurs présentent une disposition particulière : les surfaces polaires s'épanouissent et viennent presque se toucher. Le noyau de l'induit est formé, comme celui des machines multipolaires Rechniewski à courant continu, par une série de feuilles de tôle dentées. Chaque bobine est constituée par un enroulement plat, formé lui-même de plusieurs bobines dont les spires passent, pour chacune d'elles, par deux des rainures de l'anneau. Il résulte de cette disposition que, pour une intensité quelconque du courant induit, l'aimantation varie d'une manière uniforme en partant de l'axe de la bobine, et qu'on évite les variations brusques du flux. La réaction de l'induit sur l'inducteur se fait progressivement, de sorte qu'elle ne peut nuire à la régularité de la rotation,

Digitized by Google

et que le ronflement désagréable, si fréquent dans les alternateurs, se trouve supprimé.

Dans la machine livrée à l'Administration des Phares (fig. 26), l'induit comporte 8 bobines placées à l'extérieur de l'anneau, qui porte 72 dents, soit 9 par bobine et par pôle ; chaque rainure renferme 8 fils de 3,2 millimètres de diamètre. Cet induit se divise en deux circuits qui ont un pôle commun au collecteur, lequel est formé de trois bagues montées sur un manchon. Chaque circuit se compose donc de quatre bobines, prises de deux en deux, et réunies en série, et correspond au régime de 25 ampères et 45 volts.

Les inducteurs, formés de tôles minces, sont assemblés par une couronne en fonte, qui s'ouvre en deux parties suivant un plan perpendiculaire à l'axe.

Le collecteur alternatif se trouve d'un côté de l'induit ; sur l'autre extrémité de l'arbre est calée l'excitatrice, qui est une machine bipolaire de très petites dimensions.

Le porte-balais est d'un système nouveau ; il peut être relevé et les balais fixés dans leur position. Les balais feuilletés conviennent très bien.

Alternateurs Cail-Helmer. — L'alternateur Cail-Helmer à flux renversé se distingue par la simplification apportée au travail des tôles et les dispositions prises pour éviter les pertes dues aux courants de Foucault. L'induit est fixe et formé de 12 ensembles de noyaux et de bobines, disposés à l'intérieur d'une carcasse composée de deux couronnes entretoisées et fixées sur le bâti.

L'inducteur (fig. 27) est mobile et comprend également 12 ensembles, répartis à la périphérie d'un tambour, qui se compose de deux flasques identiques

Digitized by Google

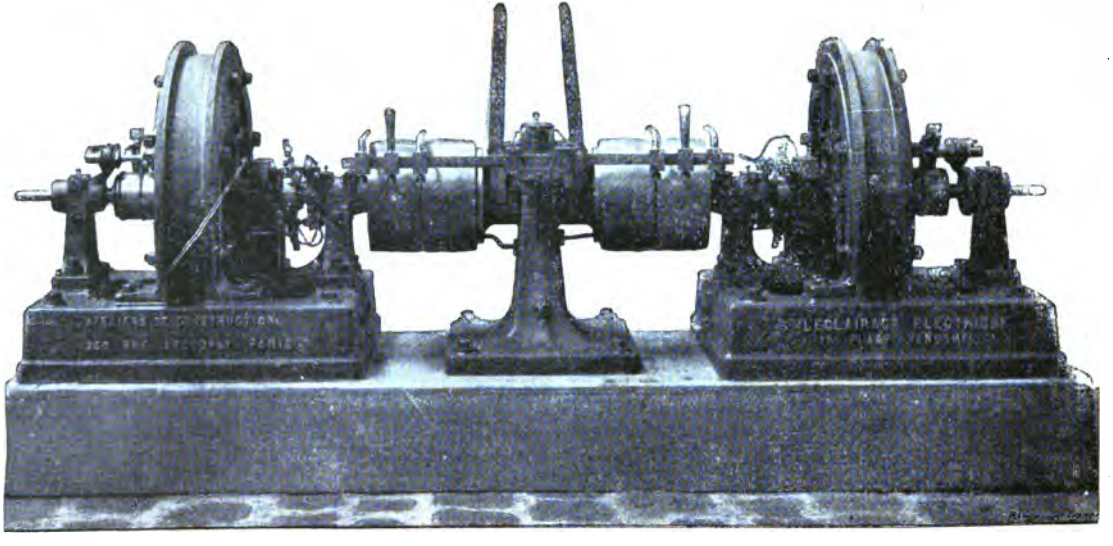

Fig. 26. — Alternateur pour phares.

Digitized by Google

qu'on peut rapprocher par le serrage d'un écrou et de son contre-écrou.

Tous les noyaux de cette machine, tant de l'inducteur que de l'induit, sont formés de lames rectangu-

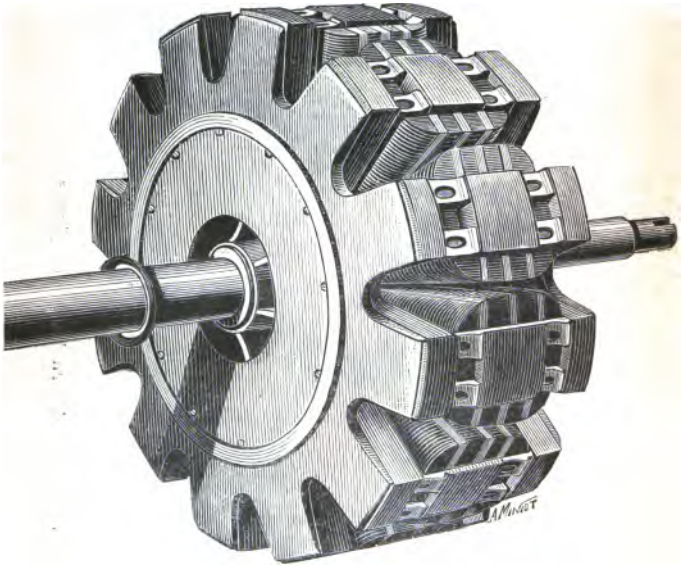

Fig. 27. — Inducteur mobile de la dynamo Cail-Helmer.

laires de tôle de fer extra-doux, empilées et repliées en forme d'U ; chaque noyau est formé de deux de ces U, accolés de telle sorte que les tôles se présentent sur champ dans le sens de la rotation. L'emploi de tôles rectangulaires simplifie le découpage, ordinairement si coûteux dans les alternateurs à fer.

Les noyaux induits sont maintenus sur des planchettes en métal non magnétique par des colonnettes,

Digitized by Google

qui forment boulons à leurs extrémités et qui se fixent d'autre part sur des traverses reliant les deux couronnes.

Les noyaux inducteurs sont aussi maintenus par des boulons, emprisonnant des étriers dans lesquels

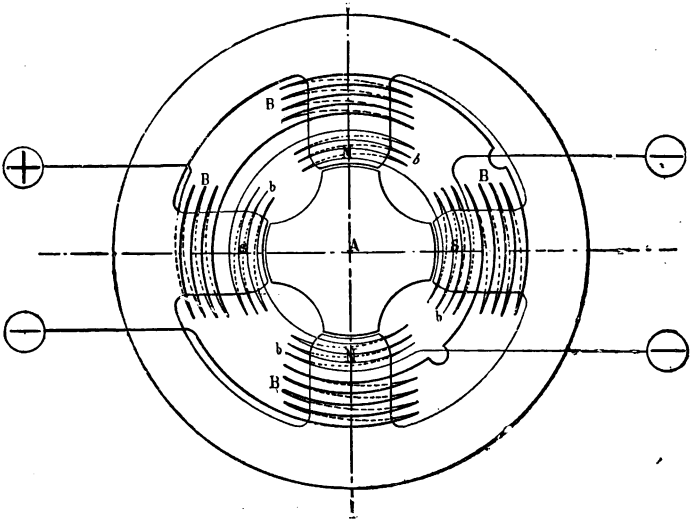

Fig. 28. — Schéma de l'alternateur à flux ondulé, système Cail-Helmer.

viennent se loger les bobines inductrices, qui sont fixées par d'autres étriers venant coiffer les premiers et attachés sur eux par de petits prisonniers.

Le circuit magnétique est ainsi réduit à la longueur minima et présente le moins possible de dérivations ; grâce aux soins apportés à l'exécution, on peut marcher avec un entrefer très court et la dépense d'excitation est réduite à 2 p. 100 environ. La longueur de

Digitized by Google

l'entrefer augmente depuis le milieu des pièces polaires jusqu'aux cornes, dans le sens de la rotation, ce qui adoucit les variations de flux.

Les paliers sont à longue portée : le graissage se fait automatiquement, au moyen de bagues qui tournent avec l'arbre et qui plongent dans un bain d'huile, muni d'un tube indicateur de niveau.

Pour faciliter le démontage, le bâti porte une rainure en queue d'aronde, dans laquelle on introduit une plaque sur laquelle on peut faire glisser le palier correspondant, après l'avoir déboulonné : ce déplacement est suffisant pour qu'on puisse faire sortir complètement le tambour inducteur de l'induit, et l'on peut alors examiner toutes les bobines de ces deux organes.

Voici les données relatives au modèle que nous venons de décrire, qui est de 25 kilowatts et fait 600 tours par minute, avec une fréquence de 60 périodes par seconde.

Puissance utile.....	25 kilowatts.
Différence de potentiel efficace aux bornes.....	2400 volts.
Nombre des bobines inductrices.	12
Induction maxima dans le fer de l'induit.....	5070 unités C. G. S.
Poids du fil inducteur	90 kilog.
— — induit	67 —
— du fer inducteur	282 —
— — induit.....	177 —

La maison Cail construit aussi un alternateur dans lequel l'inducteur et l'induit sont tous deux fixes. Dans cette machine (fig. 28), les bobines inductrices BB produisent des pôles NS alternativement de signes contraires : les bobines induites *bb* sont placées le plus

Digitized by Google

près possible des extrémités des pièces polaires. La seule partie mobile est l'armature de fer doux A, qui porte autant de dents qu'il y a de pôles inducteurs : la rotation de cette armature fait varier la résistance des circuits magnétiques et par suite le flux, ce qui produit dans les bobines induites des courants alternatifs.

Pour diminuer les pertes dues aux courants de

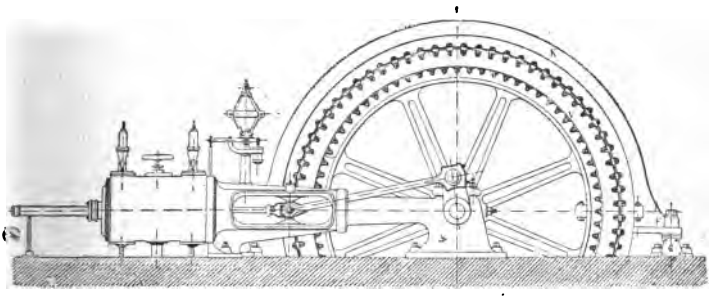

Fig. 29. — Alternateur-volant Cail-Helmer.

Foucault, le circuit magnétique est tout entier formé de tôles très minces en fer extra-doux, placées sur champ perpendiculairement à l'axe de rotation.

La puissance spécifique de ces machines est inférieure à celle des précédentes.

La fixité des deux circuits a l'avantage de supprimer les collecteurs et les balais, avec tous les inconvénients qu'ils entraînent, et de rendre les bobines beaucoup plus faciles à monter et à isoler.

La figure 29 représente un alternateur-volant, comprenant une dynamo installée sur le volant d'une machine à vapeur Sulzer, ou d'une machine à distribution genre Corliss, que fabrique également la maison

Digitized by Google

Cail. Cette disposition est avantageuse lorsque le moteur ne doit pas commander plus de deux dynamos, parce qu'on évite les inconvénients résultant de la transmission par courroies et du tendage défectueux, comme les glissements et les échauffements de paliers, et l'on n'a pas besoin d'un emplacement aussi grand.

Cet alternateur est fondé sur le même principe que le précédent, mais la construction est simplifiée. Les noyaux inducteurs, formés de deux V en tôle accolés, sont enfoncés à force dans une gorge pratiquée dans la jante du volant de la machine à vapeur et maintenus par des boulons et des étriers, dans lesquels les bobines inductrices sont retenues par des planchettes isolantes et des boulons.

Les parties constituantes de l'induit sont disposées par le même procédé sur une couronne fixe. Le démontage se réduit à un déboulonnage, qui peut s'effectuer très rapidement. Cette machine se construit pour des puissances supérieures à 40 kilowatts.

Alternateur-volant O. Patin. — Cette machine, comme la précédente, prend la place du volant de la machine à vapeur ou se fixe directement sur l'arbre de la turbine; elle a été spécialement étudiée pour l'accouplement direct avec les machines Corliss, ou autres du même genre, à grand rendement et à faible vitesse angulaire.

L'inducteur est mobile et se place sur le volant (fig. 30): il est formé de deux couronnes en fonte dans lesquelles sont encastrés les inducteurs en fer doux; la couronne intérieure fait partie du corps du volant; la couronne extérieure est réunie à la première par des bras spéciaux.

Digitized by Google

Cet inducteur reçoit le courant d'excitation par deux bagues en cuivre isolées, fixées sur l'arbre de la machine, et par deux frotteurs; ce courant est fourni par une dynamo spéciale, tantôt distincte, tantôt montée sur le prolongement de l'arbre.

L'induit est fixe et peut se déplacer latéralement, ce qui facilite l'examen et le remplacement rapides

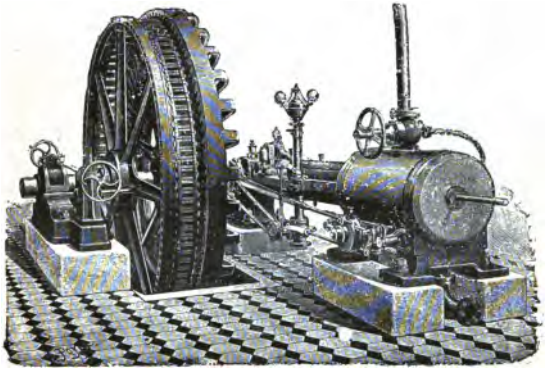

Fig. 30. — Dynamo-volant O. Patin.

des bobines : celles-ci sont formées de lames de cuivre plat enroulées sur un cadre en cuivre fondu; elles ont une forme cintrée et sont maintenues par des étriers en bronze scellés avec un ciment spécial.

Ces dynamos marchent le plus souvent à 2400 volts.

Alternateur Kingdon. — Cette machine à courants alternatifs est caractérisée par la disposition de l'inducteur et de l'induit, qui sont tous deux fixes et montés sur un même anneau. Cet anneau, fixe, porte 30 noyaux rayonnants, formés de tôles minces isolées, entourées chacune d'une bobine et boulonnées soli-

Digitized by Google

dement entre deux couronnes de fonte très épaisses. Ces bobines sont reliées de deux en deux et constituent deux circuits distincts : le premier (fig. 31) est

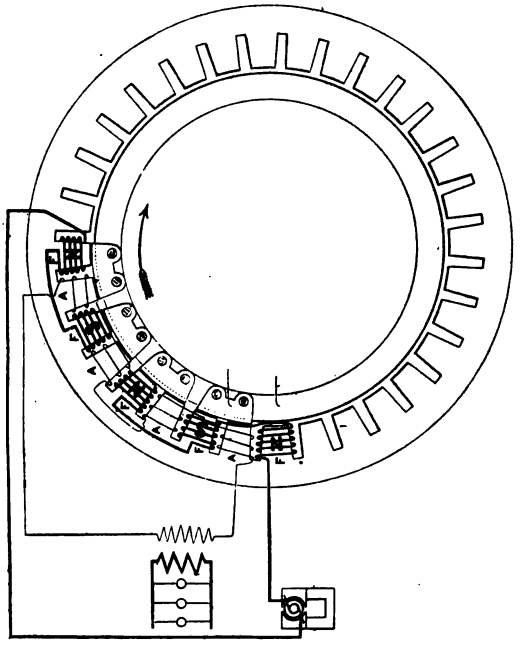

Fig. 31. — Diagramme de la machine Kingdon.

le circuit inducteur, excité par une petite machine séparée, et qui produit dans les noyaux correspondants des pôles NS alternativement de signes contraires ; l'autre est le circuit induit A.

Cet ensemble est entouré par une partie mobile, appelée *roue inductrice,* qui comprend 16 masses de

Digitized by Google

tôle isolées et montées entre deux couronnes de bronze fixées elles-mêmes sur deux forts disques d'acier calés sur l'arbre. Ces masses de tôle ont une dimension suffisante pour relier magnétiquement chaque bobine inductrice voisine. La rotation de la roue pro-

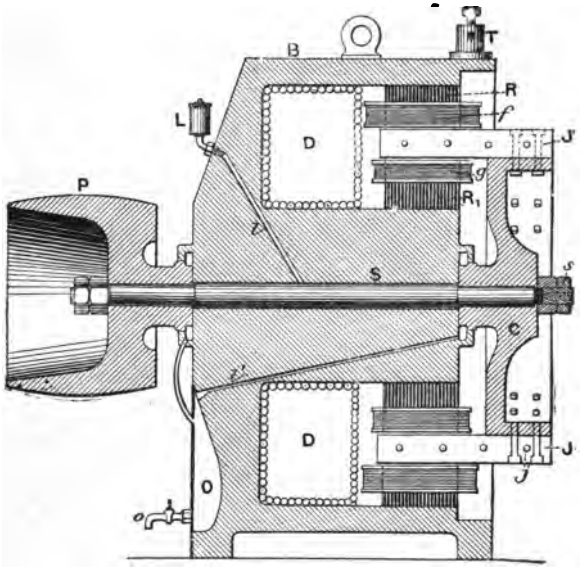

Fig. 32. — Alternateur Pyke et Harris (coupe verticale).

duit dans les bobines induites des courants alternatifs. Sur le diagramme, le circuit induit A est relié à un transformateur qui alimente une série de lampes ou d'autres appareils récepteurs.

Alternateur Pyke et Harris. — Dans cette machine, comme dans la précédente, l'inducteur et l'induit sont fixes, mais le premier se compose d'une bobine D disposée à l'intérieur d'une pièce de fonte B (fig. 32);

Digitized by Google

les bobines induites *ff'*, *gg'* sont fixées sur les projections *ab* de deux couronnes de tôles minces concentriques. Entre ces deux séries de bobines se meuvent des barres de fer doux J, fortement boulonnées sur une couronne animée d'un mouvement de rotation :

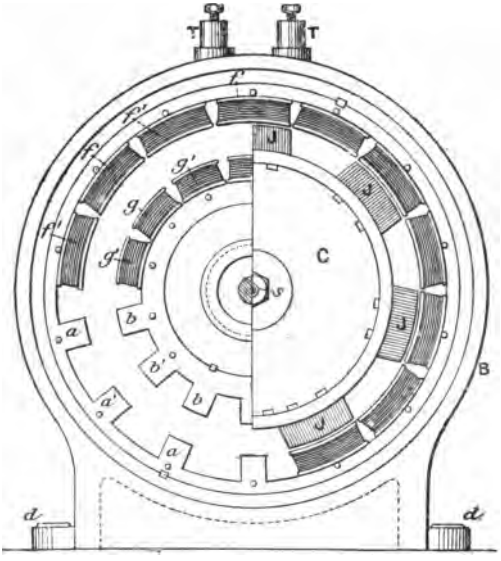

Fig. 32 *bis*. — Alternateur Pyke et Harris (élévation).

ces barres sont formées de plaques de tôle isolées au papier et maintenues par de fortes plaques d'acier.

Le plus petit modèle donne, à la vitesse de 740 tours par minute, une puissance de 736 watts, et 1500 watts pour 2000 tours. La fréquence peut varier de 83 à 250 périodes par seconde et la force électromotrice de 100 à 250 volts, avec une intensité maxima de

Digitized by Google

8 ampères. Le rendement est supérieur à 80 p. 100.

Un modèle à grande fréquence (666 périodes par seconde) se construit pour les expériences de laboratoire.

Alternateur Emilio Belloni. — Cet alternateur offre encore la même disposition. L'inducteur est formé d'une bobine fixe enroulée sur une grosse masse de fonte; l'induit se compose d'un anneau en tôle convenablement enroulé. Enfin la partie mobile comprend deux anneaux dentés en tôle dont les projections sont alternées.

Alternateur J.-A. Ewing. — Cette machine, employée à l'*Engineering Laboratory* de Cambridge, donne des courants de haute fréquence et d'une puissance assez considérable. Dans cet établissement, elle est associée avec une turbine à vapeur Parsons, de l'ancien type, faisant 12000 tours par minute, qui commande par le même arbre une petite machine à courant continu donnant 100 volts et 15 ampères, destinée à exciter l'alternateur à grande fréquence, qui est monté sur l'extrémité de l'arbre.

Cet alternateur est formé de deux disques d'acier doux, dont l'épaisseur va en diminuant du centre à la périphérie. Ces disques sont isolés et portent sur leur contour 140 dents dirigées suivant des rayons, et autour desquelles on a ménagé un petit rebord pour retenir une lame de cuivre enroulée en zigzag, qui constitue l'inducteur et qui aboutit aux disques. Cet inducteur, qui est mobile, reçoit le courant par deux balais frotteurs.

L'induit est fixe et formé de tôles découpées, maintenues entre deux anneaux de fonte et portant un fil fin enroulé en zigzag et aboutissant à deux

Digitized by Google

bornes placées à la partie supérieure. A la vitesse de 12 000 tours, cette machine donne 14 000 périodes par seconde, avec 100 volts et 5 ampères.

La petite machine excitatrice peut être employée seule et transformée en alternateur, en l'excitant séparément et recueillant le courant alternatif sur deux bagues reliées à deux points diamétralement opposés de l'armature. On a ainsi une fréquence de 200 périodes par seconde avec 40 volts et 20 ampères.

Alternateur Thomson-Houston. — Cette machine, construite pour l'éclairage à incandescence par transformateurs, présente quelques dispositions intéressantes.

Les fils des inducteurs sont montés sur des bobines, qu'on peut facilement enfoncer sur les noyaux en fer et fixer solidement en place. Ces bobines sont bien protégées et les dangers de dérangement sont réduits au minimum. La partie supérieure de la carcasse des inducteurs se relève pour donner accès à toutes les parties de la machine et permettre de changer une bobine ou d'enlever l'induit.

Les paliers sont à graissage automatique et ont une base sphérique, afin d'assurer un alignement parfait de l'arbre dans ses coussinets.

L'induit est très robuste et de construction très simple : les bobines sont formées de fil plat : le tout est recouvert d'un bon isolant. La forme du noyau est telle qu'on a évité tous les fils de frettage des conducteurs qui, dans les grandes machines, présentent de nombreux inconvénients.

Le réglage nécessité par les variations de charge extérieure ne s'obtient pas en introduisant des résistances variables dans le circuit primaire ; il est produit

Digitized by Google

par un système d'enroulement des inducteurs formant en quelque sorte un champ magnétique composé. Une partie de ce champ est fournie par une excitatrice séparée, qui donne un courant continu. Lorsque le nombre des lampes allumées augmente, la machine envoie automatiquement dans les inducteurs une partie de son courant, préalablement redressée par un commutateur monté sur l'arbre. On n'emploie, pour cette excitation supplémentaire, que la quantité de courant nécessaire pour remédier à la perte subie sur la ligne : on règle ce compoundage supplémentaire en mettant un shunt sur les bobines des inducteurs parcourus par le courant principal.

Le courant est recueilli par deux balais frottant sur deux anneaux et ajustés au moyen de ressorts.

La plaque de fondation porte un appareil tendeur fonctionnant au moyen d'un levier et d'une roue à rochets.

On emploie généralement une excitatrice pour chaque alternateur : on peut cependant exciter plusieurs alternateurs avec la même machine.

ALTERNATEURS A COURANTS POLYPHASÉS.

Nous avons expliqué dans le chapitre précédent le principe de ces machines. Nous citerons quelques modèles employés dans l'industrie.

Alternateur Zipernowsky. — MM. Schneider et Cie produisent les courants diphasés au moyen de deux alternateurs identiques, du système Zipernowsky (fig. 33), placés côte à côte et accouplés mécaniquement. Ces machines sont à induit fixe et à inducteur

Digitized by Google

mobile : employées séparément, elles donneraient des courants alternatifs ordinaires ; mais, comme on

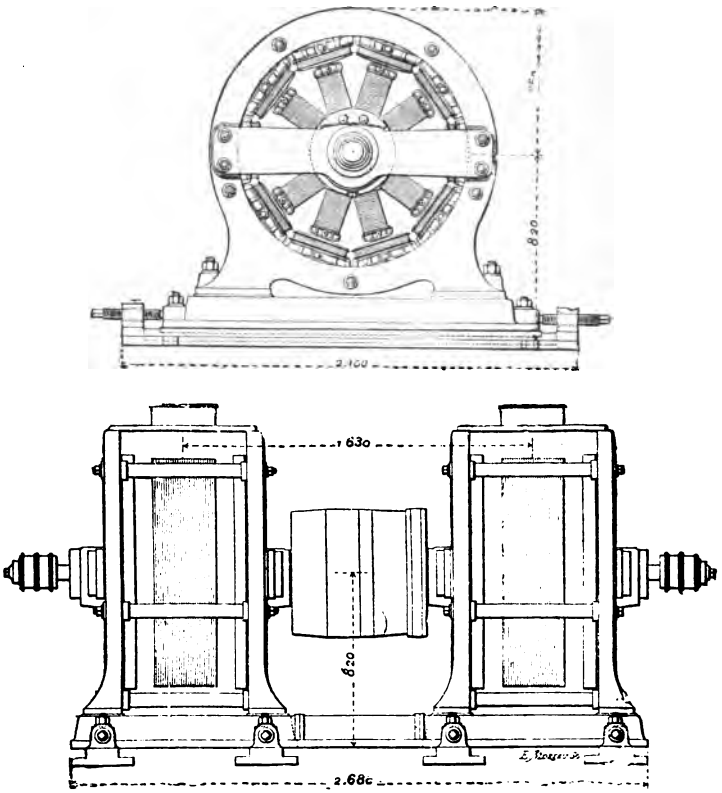

Fig. 33. — Alternateurs jumelés, donnant des courants diphasés.

a calé les deux inducteurs sur leur arbre commun avec un écart angulaire d'un demi-intervalle de pôles, les différences de potentiel aux bornes des deux ma-

Digitized by Google

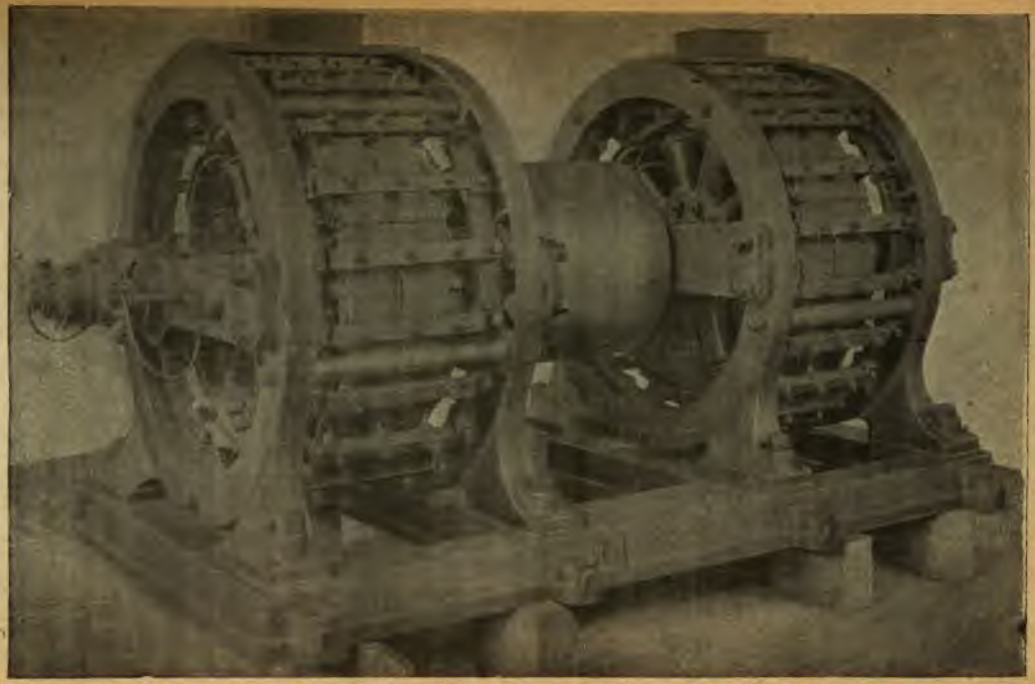

Fig. 34. — Perspective des alternateurs jumelés Zipernowsky (Schneider et Cie).

Digitized by Google

chines présentent une différence de phase d'un quart de période et l'on obtient des courants diphasés (fig. 33 et 34).

On conserve ainsi les avantages inhérents à la construction de l'alternateur simple, et en particulier les facilités de surveillance et d'entretien, et l'on acquiert la possibilité d'effectuer un réglage parfait dans chaque circuit du système biphasé, quelles que soient les variations de charge qui s'y produisent. Il est alors possible d'utiliser les mêmes génératrices et le même réseau pour l'éclairage et pour la transmission de l'énergie.

Alternateur Westinghouse à courants diphasés. — Parmi les machines qui distribuaient l'énergie électrique à l'Exposition de Chicago figuraient 12 alternateurs à courants diphasés de 750 kilowatts chacun, construits par la *Westinghouse Electric and Manufacturing C°*. L'alternateur de cette Société se compose encore de deux alternateurs simples montés sur le même arbre et comprenant chacun une couronne inductrice fixe, à 36 pôles, et un induit mobile. Les plans médians des inducteurs concordent, tandis que ceux des bobines mobiles chevauchent de 1/72 de circonférence, de sorte que les deux courants alternatifs sont décalés d'un quart de période; l'un passe par un maximum lorsque l'autre s'annule et réciproquement, de sorte que la machine travaille à puissance constante.

Chacun des alternateurs simples ne diffère que par les dimensions des machines Westinghouse ordinaires; mais le procédé de compoundage employé ici est tout différent. Chaque induit a 2,30 mètres de diamètre et fait 200 tours par minute, ce qui donne

Digitized by Google

60 périodes par seconde; la puissance est de 185 ampères × 2000 volts ou 370 kilowatts.

Ces alternateurs diphasés permettent d'employer des transformateurs simples destinés aux lampes à arc ou à incandescence et des transformateurs doubles, conjugués, actionnant des moteurs à courants diphasés. On a ainsi une distribution mixte, à courants alternatifs simples et diphasés.

Alternateur Siemens et Halske à courants triphasés. — La dynamo Siemens et Halske se compose

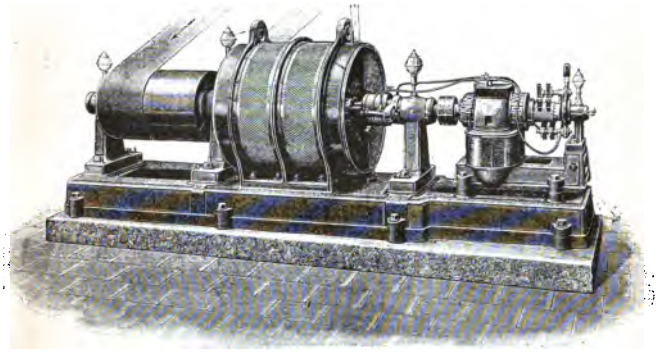

Fig. 35. — Dynamo à courants triphasés avec son excitatrice.

d'un induit enroulé sur un anneau extérieur, au centre duquel tourne l'inducteur, formé de plusieurs noyaux de fer disposés radialement, et qui reçoit le courant excitateur au moyen de bagues et de balais. La figure 35 représente une de ces machines ayant son excitatrice montée sur le même arbre. L'excitatrice donne 60 volts, et la puissance dépensée pour l'excitation ne dépasse pas 3 p. 100 de la puissance normale de la machine. Ces dynamos font 750 tours par minute et ont une

Digitized by Google

puissance de 40 kilowatts; elles sont employées à l'usine d'Erding, que nous décrivons plus loin.

Dynamo dimorphe. — Ce nom convient bien à deux dynamos construites récemment par la *Westinghouse Electric and Manufacturing C°*, et qui donnent à la fois des courants continus et des courants alternatifs diphasés. Ces machines sont à 8 pôles et portent, d'un côté de l'induit, un collecteur donnant une différence de potentiel normale de 550 volts, et de l'autre côté des bagues collectrices donnant deux courants alternatifs diphasés d'un quart de période, au potentiel efficace de 385 volts, avec une fréquence de 50 périodes par seconde, pour une vitesse de 750 tours par minute. Les deux collecteurs sont construits pour la puissance totale du générateur, et l'on utilise cette puissance à volonté sous l'une ou l'autre des deux formes, dans une proportion variable suivant les besoins. Cette disposition permet de desservir à la fois, avec une même machine : 1° des tramways électriques (500 à 550 volts); 2° des moteurs de jour (500 à 550 volts); 3° l'éclairage à incandescence par courants alternatifs transformés à plus bas potentiel; 4° l'éclairage par arcs à courants alternatifs; 5° des moteurs alternatifs diphasés.

Digitized by Google

CHAPITRE III

ACCUMULATEURS ET TRANSFORMATEURS

Accumulateurs Blot, Epstein, Tudor, Desjardins, de Khotinsky, de la Société Suisse, Laurent-Cély, Gadot et Pisca, Crompton-Howell, Waddell-Entz. — Accumulateur au cadmium. — Accumulateur thermo-électrique. — Transformateurs Ganz, Labour, Thomson-Houston. — Transformateur de fréquence et de tension.

ACCUMULATEURS.

Accumulateur à navettes. — M. G.-R. Blot a adopté le type Planté, afin d'éviter les inconvénients des accumulateurs à oxydes rapportés : disjonction rapide des oxydes et de leurs supports, diminution de la capacité, foisonnement et destruction prématurée des éléments, etc.

Les plaques se composent d'une série de *navettes* portant, enroulées autour de leur âme *aa* (fig. 36), deux tubans de 0,5 mm. d'épaisseur, l'un D en plomb pur gaufré et strié, l'autre C en métal moins oxydable ou en plomb pur seulement gaufré. Les âmes sont constituées par du métal non formable ; elles sont soudées au cadre, composé également de plomb non attaquable. L'extrême division de la matière ainsi obtenue assure

Digitized by Google

une grande surface active avec un faible poids de plomb.

Les navettes sont sciées en deux parties suivant la droite *ab*; chacune de ces moitiés forme une navette élémentaire, telle qu'on les emploie dans tous les modèles. La figure 37 montre

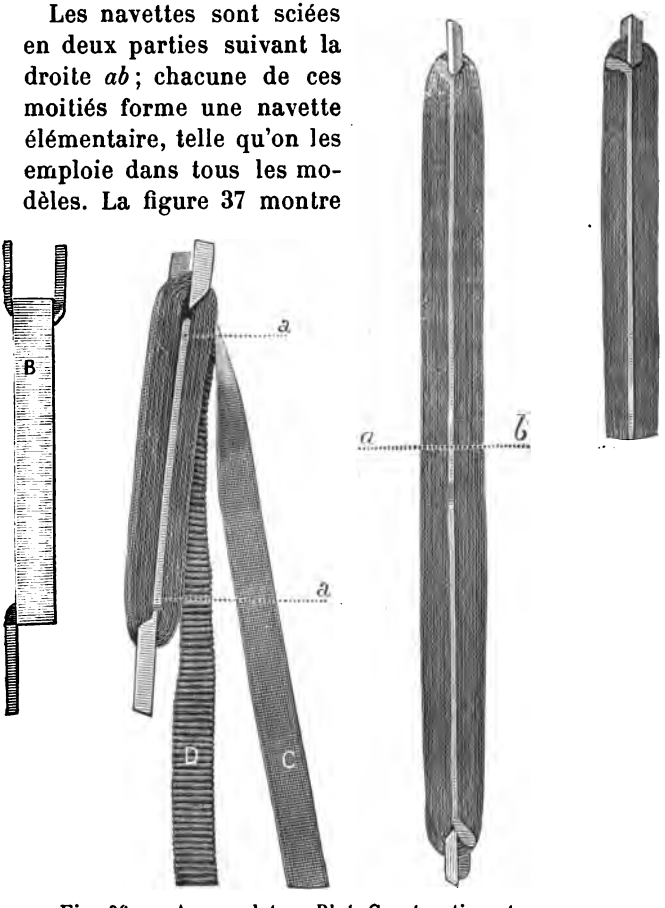

Fig. 36. — Accumulateur Blot. Construction et coupure de la navette.

le type « demi-plaque unitaire » : les soudures S, en

Digitized by Google

métal non formable, relient les âmes des navettes au cadre MNOP; les soudures S', également inoxydables, assurent la conductibilité électrique de tous les rubans de plomb. Cette disposition permet la libre dilatation

Fig. 37. — Demi-plaque unitaire.

de la plaque dans les deux sens, de sorte que les rubans peuvent foisonner sans déformer le cadre.

La plaque « unitaire » (fig. 38) présente les mêmes dispositions.

Dans tous les modèles, les plaques sont soutenues par des cadres en plomb dur *cc*, que maintiennent écartés deux tiges filetées *tt*, fixées par des boulons *bb* (fig. 39).

Les cadres portent des encoches *ee*, qui reçoivent deux

Digitized by Google

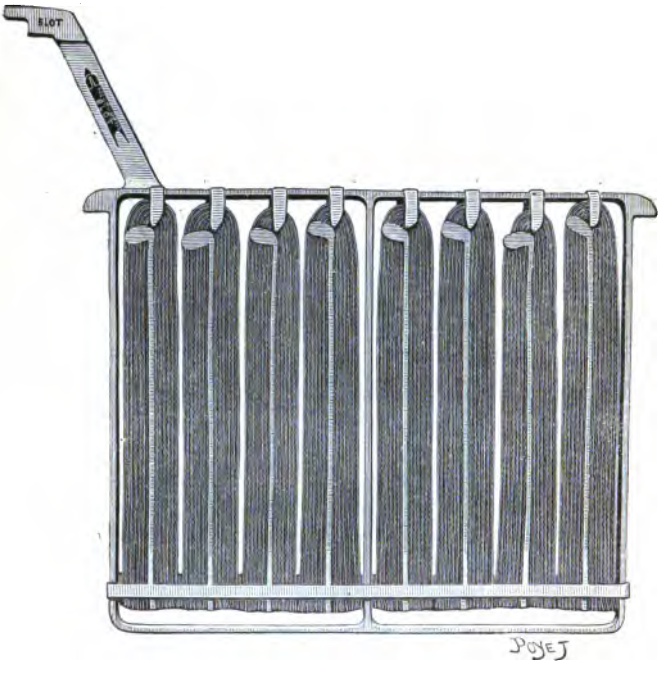

Fig. 38. — Plaque unitaire.

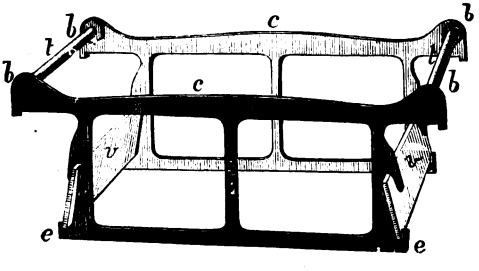

Fig. 39. — Suspension des plaques.

Digitized by Google

lames de verre *vv*, sur lesquelles viennent s'appuyer

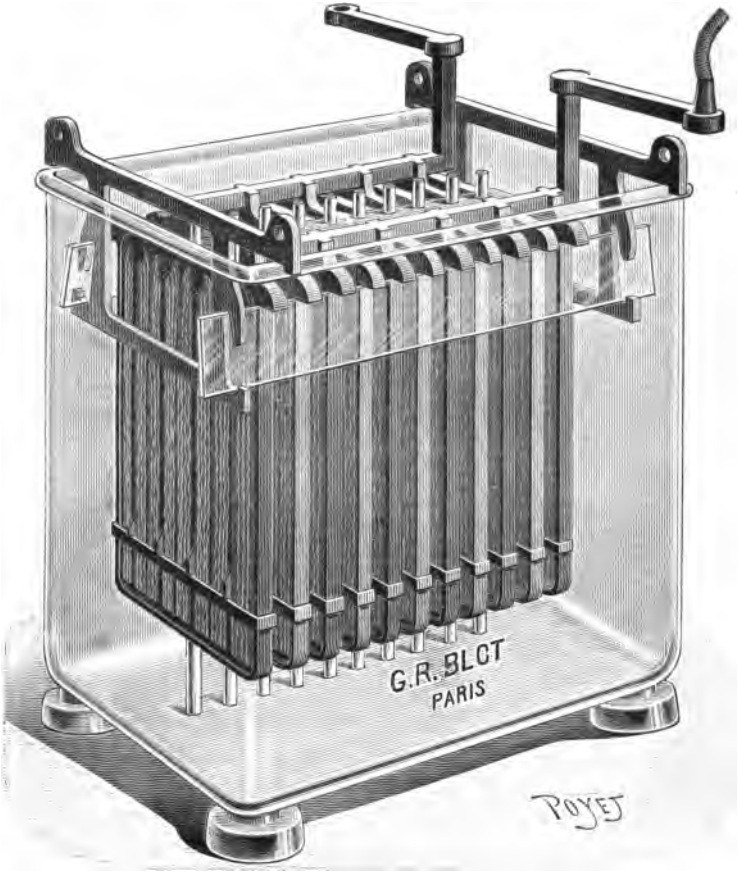

Fig. 40. — Accumulateur monté.

les saillies *ee'*, qu'on voit sur les cadres (fig. 37). Les plaques sont séparées par des tubes de verres mainte-

Digitized by Google

nus verticaux par deux lames de verre ou de porcelaine reposant sur les cadres. La figure 40 montre l'ensemble d'un de ces accumulateurs.

La capacité spécifique n'est jamais inférieure à 10 A-h par kg de plaques au régime normal de décharge de 1 A par kg de plaques.

Accumulateur Epstein. — Cet accumulateur appartient au genre Planté, mais les électrodes portent des ailettes qui en augmentent la surface. Ces plaques sont d'abord plongées dans l'acide nitrique au centième, maintenu bouillant jusqu'à ce qu'elles aient pris un aspect gris terne, puis séchées à l'air. Il se produit ainsi un dépôt gris jaune de sels de plomb, qui adhère fortement aux électrodes, qui est insoluble dans l'acide sulfurique, et qui absorbe les gaz mis en liberté pendant la formation, qu'on peut ainsi mener très vite.

Ces accumulateurs ont été essayés au laboratoire du professeur Ayrton et soumis à plus de cent charges et décharges successives, afin de déterminer leur capacité et leur rendement dans des conditions plus défavorables que celles de la pratique courante; ainsi on laissait fréquemment des intervalles de plusieurs heures entre la fin de la décharge et la charge suivante; cet intervalle fut même poussé jusqu'à 17 jours. Ces essais ont donné de très bons résultats, et l'auteur considère ses accumulateurs comme assez solides pour pouvoir être employés avantageusement à la traction; sa compagnie s'engagerait à accepter l'entretien des batteries sur les lignes de tramways, à raison de 10 centimes par voiture et par mille parcouru. Ils ont été employés en 1892, sur la Seine, pour la propulsion de la chaloupe l'*Éclair*.

Digitized by Google

Accumulateur Tudor. — Cet accumulateur ne se construit en France que depuis peu de temps. Les électrodes sont des plaques de plomb pur, creusées d'un certain nombre de rainures (fig. 41), qu'on forme d'abord suivant la méthode Planté, pendant un mois et demi ou deux mois. On remplit alors les interstices de minium ou de litharge, suivant la nature de l'électrode, on les soumet à un léger laminage, pour fermer un peu les ouvertures, et l'on procède à une se-

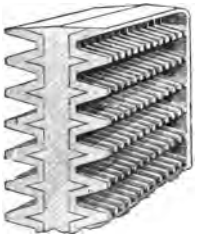

Fig. 41. — Plaque Tudor.

conde formation. La production sur le plomb d'une couche de peroxyde électrolytique empêche la sulfatation du métal au contact de l'oxyde artificiel et amorce la formation de l'âme, qui se continue ensuite à chaque charge ultérieure, et accroît la capacité à mesure que les oxydes artificiels se détachent et tombent. Après un an ou dix-huit mois, l'appareil fonctionne comme un véritable accumulateur de Planté. On ne doit pas craindre de donner une légère surcharge, qui ramène les oxydes complexes et le sulfate des plaques positives à l'état de peroxyde pur.

Dans les modèles les plus récents (1892), les deux électrodes ont une surface active inégale : la négative est constituée par une lame de plomb rainée vertica-

Digitized by Google

lement et la positive par une série de petites lames triangulaires horizontales, assemblées en colonnes verticales. Cette disposition donne une vaste surface ac-

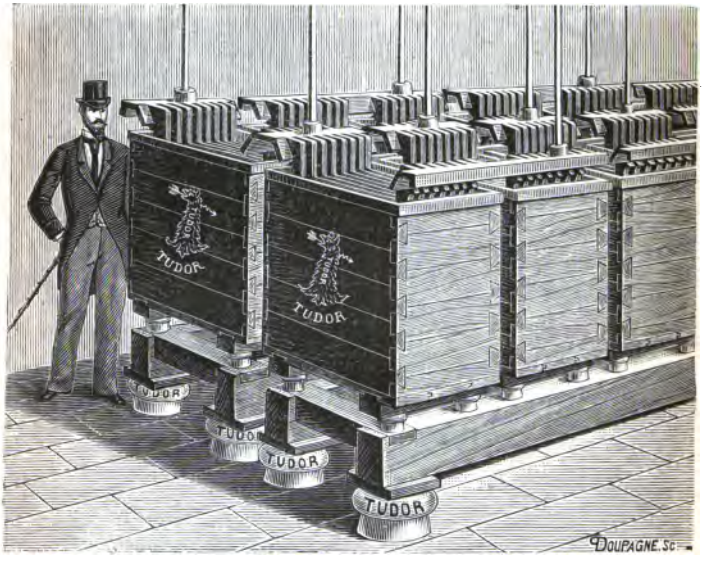

Fig. 42. — Accumulateurs Tudor (type 1892).

tive et une grande solidité avec un poids de plomb relativement peu élevé.

L'écartement des plaques est maintenu par des tubes de verre : chacune d'elles repose par sa tranche inférieure sur une lame de verre disposée sur champ dans son prolongement et maintenue verticalement dans un encastrement à rainure ; les lames de verre reposent elles-mêmes sur des feuilles de caoutchouc disposées transversalement dans le fond

Digitized by Google

du vase. Grâce à cette disposition, la matière active peut tomber dans le fond des récipients sans produire de court-circuit.

Ces appareils, destinés surtout aux stations centrales, sont robustes. La capacité spécifique varie de 4,4 à 6,1 ampèreheures, suivant qu'ils sont déchargés en 3 ou 10 heures; mais ils supportent bien une décharge rapide sans se détériorer.

Accumulateur Desjardins. — Les électrodes se composent de bandes de plomb de 5 à 6 millimètres de largeur et 0,1 d'épaisseur, légèrement gaufrées et superposées pour former des plaques; les extrémités sont soudées à deux montants en plomb. On produit ensuite un dépôt très adhérent de peroxyde de plomb par l'électrolyse d'un nitrate de plomb alcalin, de sorte que le métal intérieur est parfaitement protégé. La capacité est de 20 ampèreheures par kilogramme d'électrodes et de 9 ampèreheures par kilogramme du poids total. Les vases sont formés d'un alliage inoxydable et munis de rainures, venues de fonte, pour maintenir l'écartement des plaques. Les éléments destinés à être transportés ont leurs plaques séparées par des lames de silice très poreuses.

Accumulateur de Khotinsky. — Cet appareil se construit sous deux formes différentes : le type plat et le type vertical; dans les deux cas, les plaques sont formées de squelettes de plomb (fig. 43), obtenus à la filière et remplis de matière active, qui est retenue par les saillies du plomb. Ces plaques sont disposées sur champ ou à plat les unes à côté des autres; dans le premier cas, elles sont maintenues séparées par des jarretières de caoutchouc.

Le modèle vertical renferme plusieurs bandes dis-

Digitized by Google

posées les unes au-dessus des autres et réunies par deux montants en plomb munis de deux pièces laté-

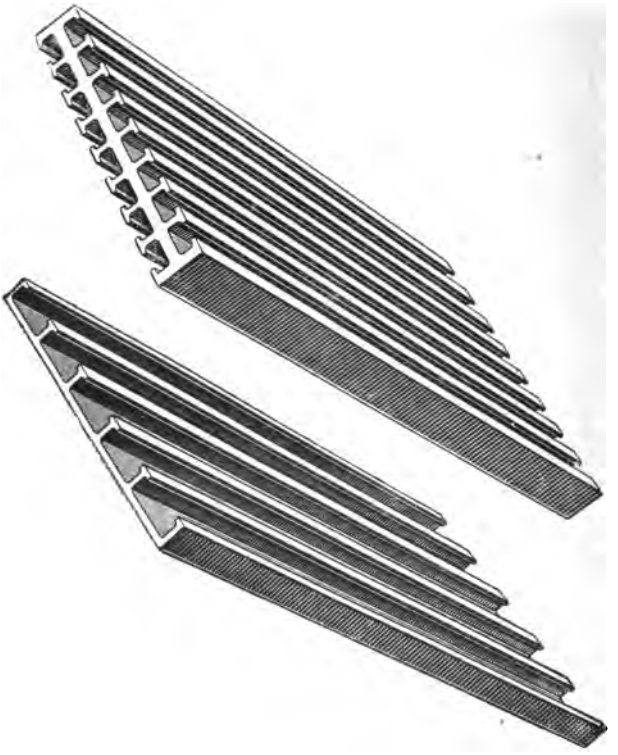

Fig. 43. — Squelettes des plaques de Khotinsky.

rales ; ces pièces (fig. 44) viennent s'appuyer sur deux lames de verre, qui maintiennent les électrodes à quelque distance du fond des récipients.

Accumulateur de la Société Suisse pour la cons-

Digitized by Google

truction des accumulateurs. — Dans cet appareil,

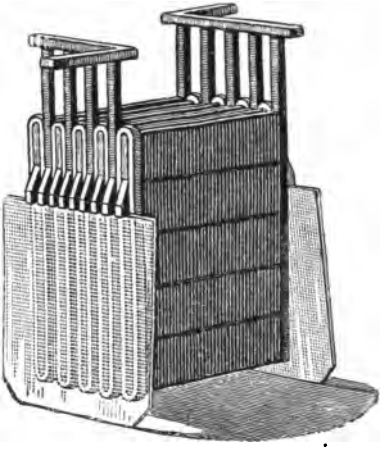

Fig. 44. — Accumulateur de Khotinsky (montage du type vertical).

construit par MM. Blanc et Cie, de Marly-le-Grand,

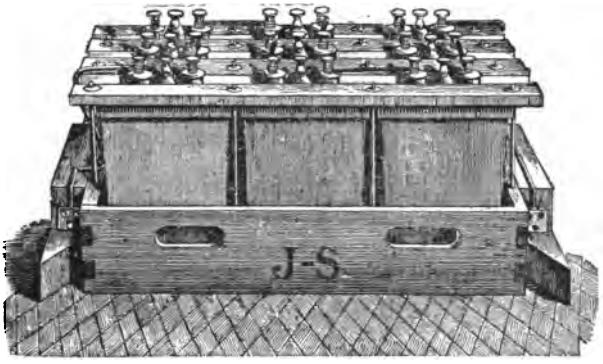

Fig. 45. — Batterie pour l'éclairage des trains (Jura-Simplon).

les plaques positives sont percées de trous, qui per-

Digitized by Google

mettent à la matière active de se dilater librement, ce qui augmente la solidité des pastilles. Les électrodes négatives sont du type ordinaire Faure-Sellon-Volckmar.

Plus de 350 batteries de ce système (fig. 45) sont actuellement employées en Suisse, pour l'éclairage des trains de chemins de fer, en particulier sur la ligne du Jura-Simplon. Chaque batterie comprend 9 éléments débitant normalement 15 ampères et ayant une capacité de 120 ampèreheures : son poids est d'environ 105 kilogrammes.

Accumulateur Laurent-Cély. — Les nouveaux types d'accumulateurs Laurent-Cély, construits par la Société pour le travail électrique des métaux (1), présentent des perfectionnements importants.

Les plaques de ces accumulateurs sont formées de pastilles, les unes de plomb spongieux, les autres de peroxyde de plomb, qui sont reliées par un quadrillage de plomb antimonieux. Leurs queues ont une forme spéciale qui permet de les monter et de les démonter individuellement, sans déranger les voisines et sans arrêter le fonctionnement de l'accumulateur.

Le quadrillage porte à sa partie supérieure deux talons de suspension. Après montage, le corps de la plaque est donc libre de se dilater dans tous les sens. Le mode de fabrication des pastilles négatives et positives, leur faible densité, leur extrême porosité, qui les mettent à l'abri de tout foisonnement, et le mode de suspension des plaques caractérisent ces accumulateurs et leur donnent une grande capacité électrique et une grande solidité mécanique.

Parmi les perfectionnements récents, nous signalons

(1) *Dictionnaire d'Électricité*, art. ACCUMULATEURS DE LA SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX, p. 9.

Digitized by Google

en particulier celui qui consiste à suspendre les plaques par leur partie supérieure.

Ce système de suspension laisse le corps de la plaque

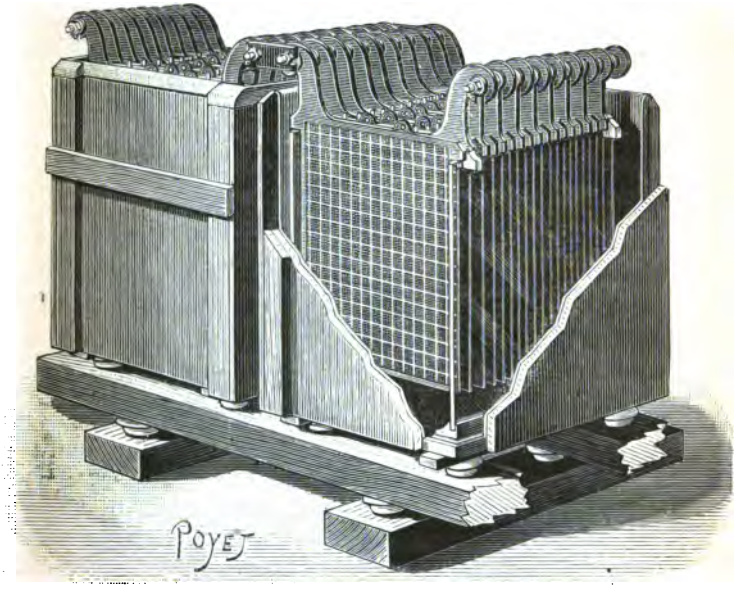

Fig. 46. — Accumulateurs Laurent-Cély.

libre de se dilater dans tous les sens pendant les réactions chimiques qui se produisent tant à la charge qu'à la décharge.

On ménage également, entre le bas des plaques et le fond du bac, un intervalle suffisant pour que la matière active puisse se déposer lentement, sans mettre l'accumulateur en court-circuit. Avec ce dernier dispositif, l'appareil fonctionne plus d'un an sans qu'il soit nécessaire de le visiter.

Digitized by Google

Les bacs sont en verre ou en bois doublé de plomb; ils sont séparés par des intervalles de 3 ou 4 centimètres et reposent, par l'intermédiaire de petits isolateurs en verre ou en porcelaine, sur une plate-forme générale constituée par des madriers en bois goudronné, séparés eux-mêmes du sol par de gros isolateurs.

Chaque bac renferme des châssis-supports placés verticalement, de façon que leurs arêtes supérieures soient bien de niveau et horizontales. Les plaques sont librement suspendues sur ces châssis, par les talons de leur quadrillage ; elles sont séparées par des intervalles égaux et alternent de polarité d'une plaque à l'autre : les plaques extérieures sont négatives. Les électrodes positives sont réunies par un boulon de groupement, les écrous étant bien serrés sur les queues; les négatives subissent la même opération. On groupe ensuite les éléments en série au moyen de connexions en cuivre.

Ces accumulateurs sont employés actuellement par la Compagnie des tramways de Paris et du département de la Seine.

Accumulateur P. Gadot et M. Pisca. — Dans le nouveau modèle d'accumulateur Gadot (fig. 47), les plaques sont très épaisses et très robustes ; elles présentent une série de rainures horizontales, remplies de matière active. En outre, elles portent seulement sur les bords des vases, sans toucher le fond, de sorte que la matière active, en tombant à la partie inférieure, ne peut pas produire de courts-circuits. Des tubes de porcelaine verticaux, maintenus par un porte-tube spécial, également en porcelaine, assurent l'écartement des électrodes. Les détails du montage ont été aussi

Digitized by Google

très soignés : les connexions s'établissent directement par les extrémités des plaques, qui ont été disposées

Fig. 47. — Accumulateurs Gadot et Pisca.

à cet effet. On évite ainsi l'emploi de boulons, de vis, d'écrous, et tous les inconvénients qui en résultent.

Accumulateur Crompton-Howell. — Cet accumulateur, peu connu en France, est le plus employé en

Digitized by Google

Angleterre ; aussi croyons-nous utile de le décrire rapidement. Il appartient au genre Planté à formation rapide, par suite de la grande porosité des plaques. Celles-ci sont obtenues en maintenant du plomb fondu pendant quelque temps à une température très voisine de son point de solidification et décantant la partie restée liquide. La partie cristallisée, sciée en plaques d'épaisseur convenable, donne des électrodes très poreuses, dans lesquelles le liquide pénètre très facilement, et qui offrent une grande surface active ; ces conditions permettent d'employer des régimes de charge et de décharge très élevés.

Les électrodes sont maintenues séparées par des peignes en celluloïd, et réunies par des lames de plomb soudées au chalumeau oxhydrique avec elles et avec des barres transversales de même métal. Ces barres de connexion sont soutenues par des tiges verticales isolées, vissées sur les madriers du chantier.

Les récipients sont en bois doublé de plomb ; dans le modèle des stations centrales, ils renferment 61 plaques, offrant une surface active totale de 250 décimètres carrés. Ces éléments peuvent débiter 1000 ampères pendant 30 minutes.

Accumulateur Waddell-Entz. — Cet accumulateur, construit par la *Waddell-Entz Company*, est surtout destiné à la traction électrique ; il a donc été disposé de manière à offrir toutes les conditions désirables de légèreté et de solidité ; il est fondé, comme l'accumulateur Commelin-Desmazures, sur une modification de la pile de Lalande et Chaperon.

Les plaques positives s'obtiennent en comprimant autour d'un fil de cuivre rouge une pâte d'oxyde cuivrique, que l'on entoure d'une tresse en fils de cuivre

Digitized by Google

très fins, recouverte à son tour d'une tresse de coton ; on obtient ainsi une sorte de fil conducteur isolé, que

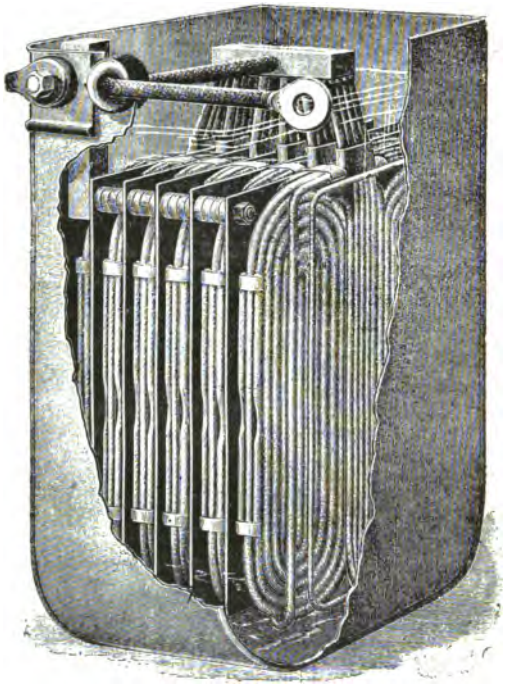

Fig. 48. — Accumulateur Waddell-Entz.

l'on enroule de manière à former une sorte de plaque ovale (fig. 48).

Ces plaques sont installées dans un vase en acier, dont la surface intérieure constitue une partie de l'électrode négative, complétée par des plaques de même métal, intercalées à intervalles réguliers entre

Digitized by Google

les premières. Les plaques positives sont maintenues à égale distance des plaques d'acier par plusieurs tours de ruban de coton, formant un léger renflement en haut et en bas : celles-ci sont solidement assemblées à l'aide de rondelles d'acier et d'un écrou servant en même temps de borne négative. Les positives sont réunies par une plaque métallique, à laquelle est soudé un fil conducteur isolé, qui traverse les parois du vase dans un tube d'ébonite et permet d'établir la communication avec l'élément voisin.

Le liquide se compose d'une solution d'oxyde de zinc dans la potasse caustique, qui doit avoir une densité de 1,45 ; on le recouvre d'une couche d'huile lourde, pour éviter la transformation de la potasse en carbonate.

Avant d'utiliser cet appareil, il faut former les électrodes positives, c'est-à-dire réduire l'oxyde de cuivre à l'état métallique.

On procède alors à la charge : l'oxyde de zinc est décomposé par le courant ; le zinc se dépose sur les plaques d'acier et l'oxygène transforme le cuivre en oxyde cuivreux, rouge, qui constitue une masse poreuse autour du fil conducteur central. Dès que cette masse noircit par la formation d'oxyde cuivrique, la charge est terminée.

La réaction inverse se produit pendant la décharge ; l'oxygène s'unit au zinc et l'oxyde formé se dissout dans la potasse. L'hydrogène réduit l'oxyde de cuivre à l'état métallique.

Le régime normal de décharge est en moyenne de 40 ampères, et la différence de potentiel aux bornes de 0,89 volt. La capacité d'un élément de 13 kgr. est de 240 ampèreheures. Il résulterait de nombreux

Digitized by Google

essais que ces accumulateurs peuvent être déchargés très rapidement et même placés en court-circuit sans inconvénient pour les électrodes, qui ne se gondolent jamais.

Accumulateur au cadmium. — On a déjà fait plusieurs tentatives pour employer le zinc comme électrode négative dans les accumulateurs au plomb, ainsi qu'on le fait dans l'accumulateur au cuivre de MM. Commelin et Desmazures. Reynier avait essayé de construire un accumulateur plomb, zinc et eau acidulée ; mais le zinc se dissout très vite à circuit ouvert et se dépose très mal sur la plaque négative.

MM. Commelin et Finot ont cherché un métal qui n'eût pas ces défauts. Leur accumulateur se compose d'une plaque positive ordinaire d'accumulateur Julien et d'une électrode négative formée, soit de plomb mince amalgamé, soit d'un alliage de plomb, antimoine et cadmium. Le liquide est une solution de sulfate de cadmium additionnée de 10 °/₀ d'acide sulfurique. Pendant la charge, la positive se couvre de peroxyde de plomb, et le cadmium se dépose sur la négative. A la décharge, le cadmium se dissout de nouveau et l'hydrogène ramène le peroxyde de plomb à un état d'oxydation inférieur. On évite ainsi la sulfatation du négatif.

La force électromotrice est de 2,30 volts, en circuit ouvert, et varie, pendant la décharge, de 2,20 à 2,15 ; l'énergie spécifique normale est de 54 wattheures par kilogr.

Accumulateur thermo-électrique. — La Société *Helios*, à Cologne-Ehrenfeld, emploie un appareil fondé sur un principe tout différent. C'est un accumulateur thermo-électrique, renfermant un certain

Digitized by Google

nombre de lames de deux métaux différents, aussi éloignées que possible sur l'échelle thermo-électrique, qui sont soudées et rivées ensemble. Le tout est entouré d'une enveloppe conduisant mal la chaleur, et qui peut s'enlever en face des lignes de jonction des deux métaux. On charge l'appareil en y faisant passer un courant, qui le porte à une température élevée. La chaleur ainsi accumulée peut se conserver assez longtemps, grâce à l'enveloppe; pour décharger l'accumulateur, on ouvre l'enveloppe en face des joints, qui sont refroidis par l'air. Il se produit un courant qui dépend de la nature des métaux, du nombre des soudures et de la température, et qui dure jusqu'au complet refroidissement. Une partie de ce courant peut être employée à régulariser la force électromotrice de la décharge.

TRANSFORMATEURS.

Transformateur Ganz. — Cet appareil (fig. 49) est à circuit magnétique fermé. Le dernier modèle est complètement démontable : il se compose de deux plateaux en fonte A (fig. 50), dans lesquels sont encastrés par compression deux paquets de tôles B bien isolées. Ces tôles ont la forme d'un E; une fois le transformateur monté, les trois branches de chacun des paquets viennent se juxtaposer suivant la ligne *mn*. Les vides laissés entre ces branches reçoivent trois bobines de fil dont les carcasses sont faites en carton de haut isolement. La bobine primaire D, qui reçoit le courant à haut potentiel de la ligne, est placée au centre; elle est à fil fin et fait un grand nombre de tours. Le

Digitized by Google

circuit secondaire est constitué par les deux bobines extrêmes H, à gros fil, qui ne font qu'un petit nombre de tours. Les extrémités des fils des bobines aboutissent à des bornes montées sur porcelaine, permettant de faire les jonctions avec le réseau primaire et la canalisation secondaire. Les quatre boulons C assemblent solidement les deux moitiés de l'appareil. La

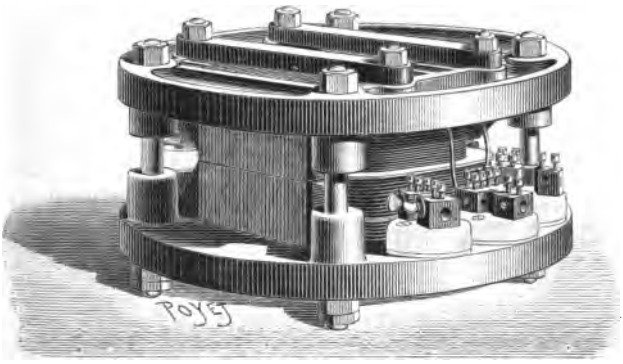

Fig. 49. — Transformateur Ganz.

disposition adoptée permet un démontage rapide, en cas d'avarie à l'une des bobines, tout en réalisant une construction simple et un refroidissement facile.

Le rendement atteint 97 p. 100. L'appareil est autorégulateur, c'est-à-dire que la différence de potentiel secondaire reste constante, quel que soit le travail demandé à l'appareil. On construit quatre modèles, de 1000 à 10 000 watts.

Transformateur Labour. — Cet appareil (fig. 51), construit par la Société l'Éclairage électrique, donne un très bon rendement.

D'une puissance de 8000 watts en marche continue,

Digitized by Google

à pleine charge, et de 10 000 watts pour des expériences de laboratoire, il donne, avec une fréquence

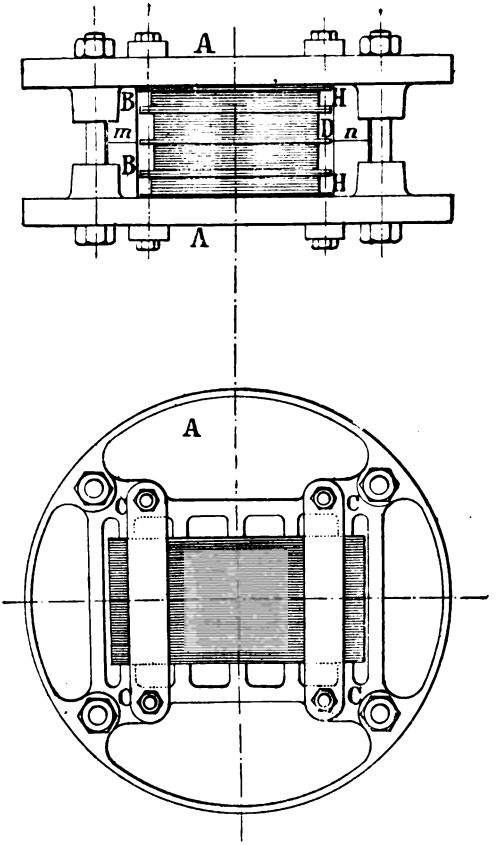

Fig. 50. — Disposition du transformateur Ganz.

de 80 périodes par seconde et une différence de potentiel efficace de 2000 volts aux bornes du circuit

Digitized by Google

primaire, une différence de potentiel de 100 volts aux bornes du circuit secondaire. Le circuit primaire se compose de 20 bobines distinctes et égales et le circuit secondaire de 2 bobines, ce qui permet de faire varier, par des couplages convenables, le coefficient de transformation entre 1 et 20 et même entre 1 et 40.

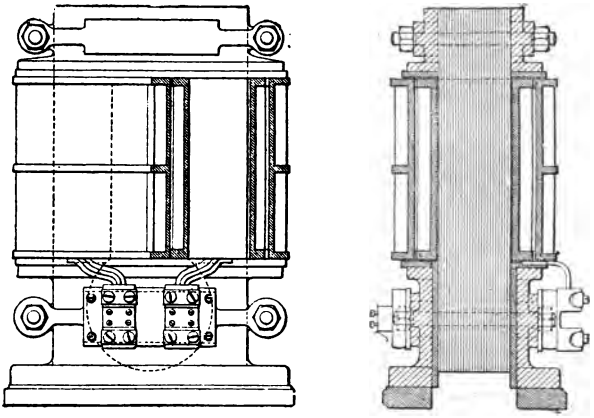

Fig. 51. — Coupe et élévation du transformateur Labour.

Le circuit magnétique se compose d'un assemblage de feuilles de tôle, découpées en fer à cheval comme les inducteurs des machines Rechniewski (fig. 52). La partie en fer à cheval est fermée par un cylindre sur lequel la pression produite réduit autant que possible l'entrefer des joints. Le montage de la partie cylindrique est fait aisément par un système d'étriers à vis. Les joints et la culasse présentent une grande section, pour diminuer encore la résistance magnétique. Les tôles n'ont pas toutes la même largeur, ce qui augmente la surface de refroidissement et forme des conduits

Digitized by Google

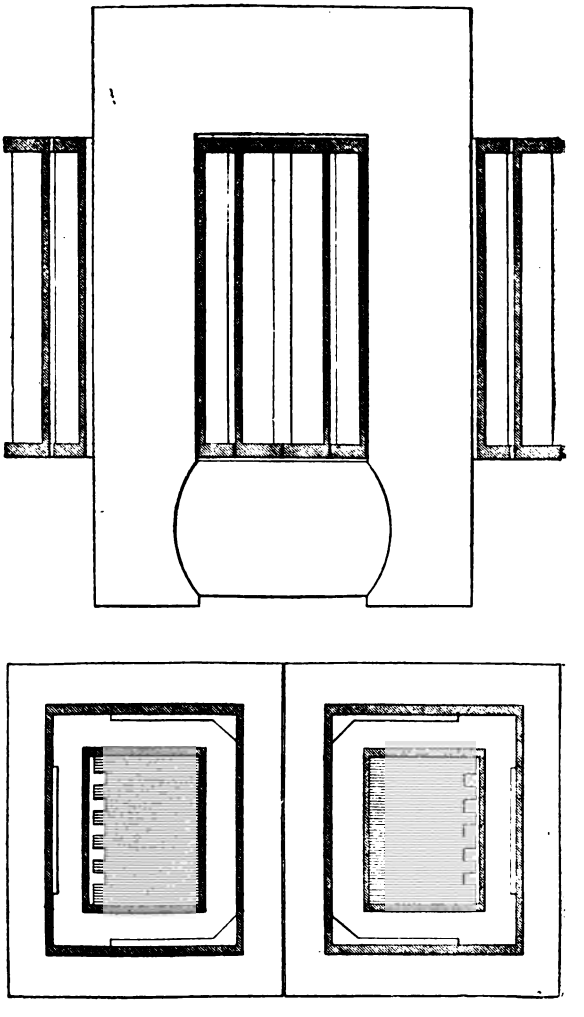

Fig. 52. — Coupes longitudinale et transversale du transformateur Labour.

Digitized by Google

d'aérage ; elles sont réunies par un enduit durci au feu et constituent un ensemble compact qui rend l'appareil tout à fait silencieux.

Les deux circuits sont enroulés sur des manchons absolument distincts et parfaitement isolés. De plus les circuits sont complètement plongés dans l'air, sauf aux extrémités, où les bobines s'appuient sur des isolants serrés par la charpente en fonte. Ces bobines sont séparées entre elles et isolées du fer par une couche d'air, dont l'épaisseur varie avec la tension normale de l'appareil. L'ensemble repose sur des semelles de bois isolé et se trouve serré entre des cadres en fonte avec des boulons. Les bobines peuvent être facilement réparées ou remplacées.

Le rendement, mesuré directement sur un modèle de 18 000 watts par la méthode du wattmètre, a donné une valeur maximum de 97,4 p. 100.

Un modèle analogue se construit pour les courants triphasés.

Transformateur Thomson-Houston. — La transmission de grandes forces motrices par l'électricité a conduit à la création de transformateurs d'une très grande puissance. Tel est le modèle, de 200 kilowatts, construit à Schenectady par la Compagnie américaine Thomson-Houston pour la *Pittsburgh Reduction C°*, qui se propose d'appliquer une puissance de 1200 kilowatts à la réduction par la chaleur des minerais d'aluminium ; cette puissance sera fournie par la *Cataract Construction C°*, qui exploite, comme on le sait, une dérivation des chutes du Niagara.

Les conditions imposées étaient un rendement de 97 p. 100 à pleine charge et une température n'excédant pas 40° C. au-dessus de la température ambiante

Digitized by Google

après dix heures de marche. Pour réaliser ces conditions, au lieu de réunir les tôles découpées en un seul bloc, on les a divisées en un certain nombre de sections légèrement espacées les unes des autres, afin de laisser passage au courant d'air produit par un ventilateur. Ces sections sont ensuite pressées entre deux flasques, réunies par des barres et des écrous, et munies de crochets pour faciliter le maniement de l'appareil.

Dans l'installation de la Pittsburgh C°, le courant sera produit sous une tension de 2000 volts, puis ramené à 115 volts par six transformateurs du modèle précédent, et enfin transformé en courant continu à 160 volts par trois transformateurs rotatifs de 400 kilowatts; un quatrième sert de réserve.

Transformateur de fréquence et de tension. — MM. Hutin et Leblanc ont construit un appareil qui permet de transformer le courant alternatif monophasé ou polyphasé en courant continu ou réciproquement. L'appareil (fig. 53) se compose de deux parties distinctes : 1° d'un transformateur à enroulement spécial, qui permet de passer d'une tension de courant à une autre tension; 2° d'un commutateur rotatif ayant un mouvement synchrone.

Le coefficient de transformation ne dépend que du rapport des nombres de spires primaires et secondaires. Le transformateur a un ou plusieurs noyaux magnétiques fermés sur eux-mêmes, suivant que l'appareil est construit en vue d'utiliser ou de produire du courant monophasé ou du courant polyphasé.

Supposons qu'il s'agisse de courant monophasé. Le circuit primaire du transformateur sera formé par un enroulement ordinaire, quand c'est du courant alter-

Digitized by Google

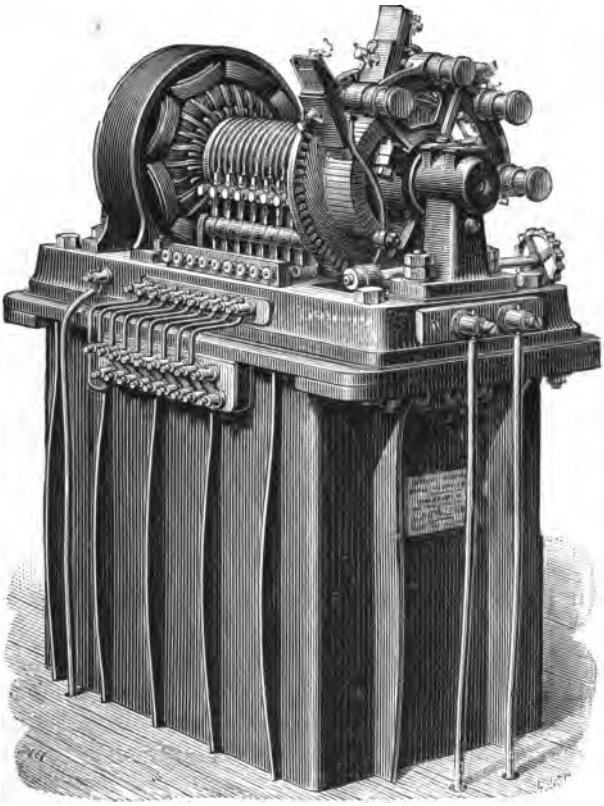

Fig. 53. — Transformateur de fréquence et de tension.

Digitized by Google

natif qu'il faut transformer en courant continu; le circuit secondaire, qui est relié au commutateur et au collecteur où doit être recueilli le courant continu, est divisé en un certain nombre de sections. Le nombre de spires de ces sections varie de l'une à l'autre suivant une loi sinusoïdale. En particulier, les sections qui correspondent à l'ordonnée zéro de la sinusoïde sont absentes. Pour toutes les valeurs positives des ordonnées, l'enroulement des sections est fait dans un même sens; pour toutes les valeurs négatives, il est fait en sens contraire.

Les points de jonction de ces différentes sections sont reliés à des frotteurs qui s'appuient sur des bagues communiquant respectivement avec les lames du collecteur à courant continu.

L'arbre portant le collecteur doit tourner synchroniquement avec la fréquence du courant; à cet effet, il porte un anneau genre Gramme, dont les sections sont montées en dérivation sur les bagues indiquées plus haut. Cet anneau peut tourner dans un champ magnétique excité par un courant continu. Pour que le mouvement soit synchrone, cette armature est munie d'une cage d'écureuil.

Le noyau du transformateur est le siège d'un flux variant suivant une loi sinusoïdale, par suite de l'action du circuit primaire. Le nombre de tours de l'enroulement du circuit secondaire varie par suite de son sectionnement, à chaque instant, suivant la même loi; ce circuit sera donc le siège d'un courant d'intensité constante, le nombre total d'ampèretours dans les circuits primaire et secondaire étant constamment le même.

Dans le cas des courants monophasés, MM. Hutin et

Digitized by Google

Leblanc interposent sur le parcours du courant redressé une forte bobine de self-induction, qui achève la rectification du courant. Cette bobine joue le rôle de volant; son emploi est nécessaire pour passer d'un débit d'énergie variable, comme celui fourni par un courant alternatif, à l'énergie constante demandée par un courant continu. Quand on emploie des courants diphasés ou triphasés, cette précaution devient inutile, l'énergie fournie et l'énergie recueillie étant constantes. Le transformateur comprendra alors deux ou trois noyaux avec des enroulements pareils à ceux décrits. Les bobines à enroulement sinusoïdal seront décalées d'un noyau à un autre, de un quart ou de un tiers d'onde. Les bobines correspondantes de chaque noyau seront montées en tension et l'ensemble est groupé par rapport aux bagues et au collecteur comme dans le premier exemple.

Le rendement de ces appareils est très élevé; il est le même que celui d'un transformateur ordinaire, sous déduction de l'énergie demandée par la rotation du collecteur, qui n'a que des frottements à vaincre.

Digitized by Google

CHAPITRE IV

PRODUCTION DE L'ÉLECTRICITÉ : APPAREILS ACCESSOIRES.

Balais feuilletés. — Rhéostat. — Régulateurs : F. Henrion, Blathy. — Indicateur de la charge des accumulateurs. — Limiteur automatique de débit. — Isolateurs. — Interrupteur rapide.

Balais feuilletés. — Depuis deux ans, on emploie beaucoup un nouveau système de balais pour dynamos, les *balais feuilletés*, de M. Boudreaux. Ces balais se composent de feuilles métalliques, laminées à une très faible épaisseur, 1/40 ou 1/50 de millimètre, plissées ou pliées, et mises sous pression aux dimensions exigées ; ils sont formés d'un alliage spécial, à base de cuivre, qui est extrêmement malléable et possède les qualités particulières des métaux dits *anti-friction*. Grâce à la douceur du frottement et à l'absence de solution de continuité dans la surface frottante, ils usent très peu les collecteurs, dont ils polissent la surface au lieu de l'entamer et de la détruire promptement. Ils sont beaucoup plus conducteurs que les balais en toile métallique, car, à section égale, ils contiennent deux fois plus de métal, ce qui permet de diminuer leur épaisseur.

Rhéostat. — Le rhéostat à tambour fixe, à curseur

Digitized by Google

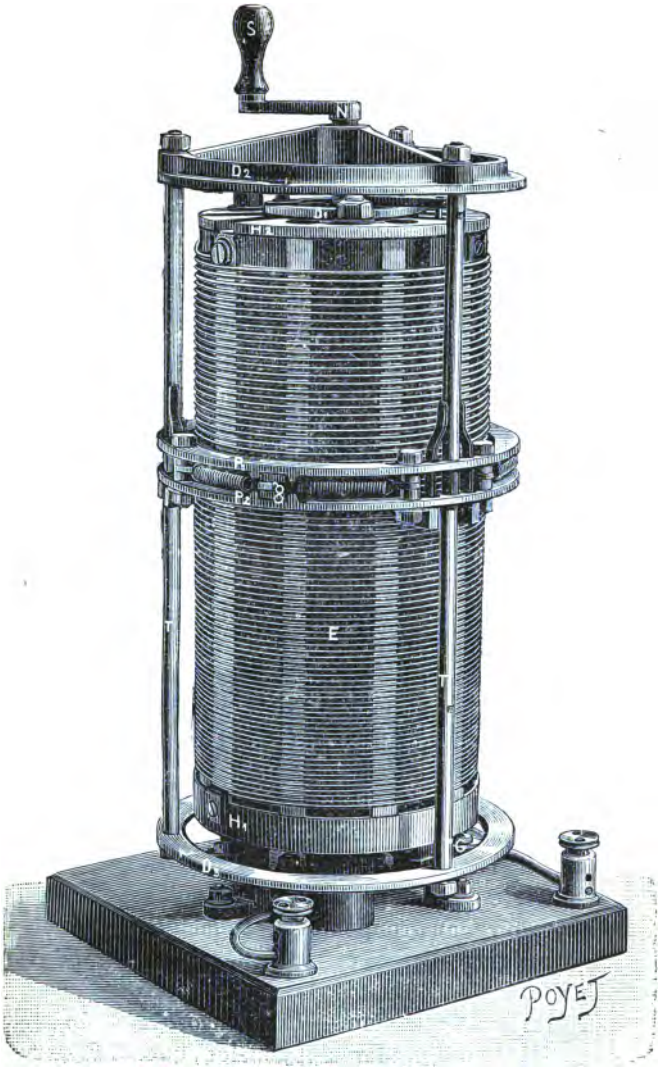

Fig. 54. — Rhéostat Cance.

Digitized by Google

tournant et à fil de diamètre variable, imaginé par M. Cance, présente divers avantages : il est simple, peu volumineux, facile à manœuvrer, et permet de régler rapidement la résistance avec la plus grande précision, que les variations soient très faibles ou qu'elles soient considérables. Il est formé d'un tube cylindrique vertical E (fig. 54), en fer émaillé, sur lequel s'enroule un fil de ferro-nickel à section croissante, et qui est solidement fixé sur un socle en bois. Ce cylindre est isolé à la partie inférieure par une plaque circulaire d'ardoise H_1. A l'intérieur tourne un arbre vertical N, qui entraîne la roue en fonte D_2, les trois tiges de cuivre verticales T et la couronne de même métal D_3, maintenue dans son roulement par des galets G. Sur les tiges T se déplace un ensemble de deux couronnes en cuivre P_1P_2, maintenues en contact avec elles par des frotteurs, et qui portent trois galets à gorge *g* ayant leurs axes verticaux et appuyés continuellement sur le fil par des ressorts. Deux bornes placées sur le socle communiquent l'une avec l'extrémité supérieure du fil de ferro-nickel, l'autre avec un frotteur qui s'appuie sur l'arbre N, et par suite avec les galets *g*. Le courant pénètre donc dans le fil par sa partie supérieure et sort par les galets *g*, qu'on fait monter ou descendre avec la manivelle S.

Les dimensions de l'appareil varient avec l'usage auquel on le destine. Il peut servir aux expériences de laboratoire, au groupement des machines en quantité, au réglage des circuits de lampes à incandescence, etc.

Régulateurs de tension. — *Régulateur F. Henrion.* — Le régulateur automatique de tension, que M. F. Henrion joint actuellement à ses machines compound pour

Digitized by Google

corriger les inégalités de lumière que peuvent amener les variations de vitesse du moteur, intercale automa-

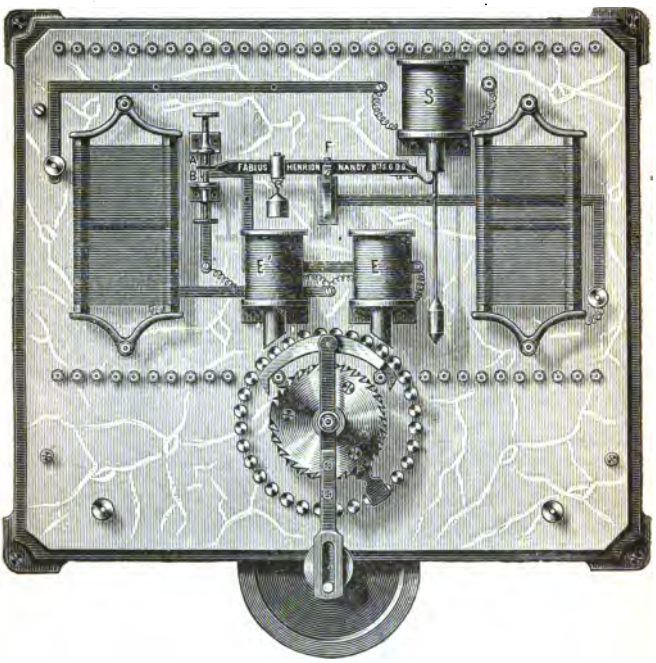

Fig. 55. — Régulateur automatique de tension F. Henrion.

tiquement des résistances variables dans le circuit d'excitation (fig. 55).

Un double cliquet est animé, par une transmission mécanique, d'un mouvement de va-et-vient sur deux roues dentées en sens inverse, solidaires l'une de l'autre. Au-dessus se trouve un fléau horizontal F, portant à l'une de ses extrémités un tube de fer doux

Digitized by Google

vertical qui peut pénétrer dans le solénoïde S. Cette attraction est équilibrée par un curseur mobile, de sorte que, dans une marche normale, le fléau est horizontal et oscille entre les deux pointes AB. Si la tension varie, il vient buter contre l'une ou l'autre de ces pointes et, comme il est relié à l'un des pôles de la machine, il lance un courant dans l'un des électros EE'; l'ensemble constitue donc un véritable relais.

A ce moment, l'électro, devenu actif, attire le double cliquet, qui bascule à droite ou à gauche, et agit sur l'une ou l'autre des deux roues dentées. Suivant que l'une ou l'autre de ces roues est en mouvement, une manette fixée en leur centre se déplace sur les touches d'une résistance variable, placée sur le circuit d'excitation de la machine. La résistance se trouve ainsi réglée automatiquement, de façon à maintenir la tension constante malgré les variations de vitesse.

Le relais peut être construit à enroulement différentiel, afin d'obtenir une tension constante en un point donné d'une canalisation sans avoir besoin pour cela des fils de retour. L'appareil peut être utilisé aussi comme avertisseur de maximum ou de minimum de tension, en employant les électros EE' soit à faire tinter deux sonneries bien distinctes, soit à allumer deux lampes, l'une bleue, l'une rouge.

Régulateur Blathy. — Ce régulateur automatique est employé par MM. Schneider et Cie pour toutes leurs installations, soit à courant continu, soit à courants alternatifs, ordinaires ou diphasés. Cet appareil (fig. 56) se compose d'une série de résistances, se terminant à la partie inférieure par des tiges verticales de longueur croissante. Un nombre variable de ces résistances est intercalé dans le circuit de réglage par le jeu d'une

Digitized by Google

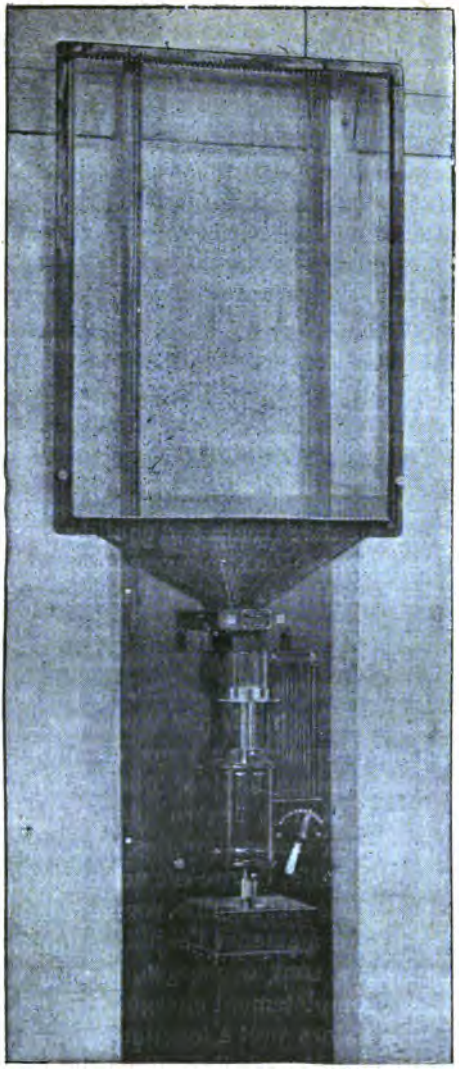

Fig. 56. — Régulateur automatique Blathy.

Digitized by Google

cuvette à mercure, qui, en s'élevant ou s'abaissant, vient baigner un nombre plus ou moins grand de ces tiges verticales. Pour cela, la cuvette à mercure est d'une part poussée de bas en haut par l'action d'un flotteur placé dans une caisse à eau, tandis qu'elle est d'autre part sollicitée de haut en bas par l'attraction d'une bobine, placée en dérivation sur les conducteurs où la différence de potentiel doit être maintenue constante, ou en série avec ces mêmes conducteurs, si c'est le courant qui doit être constant.

Une variation de 3 p. 100 de la quantité à régler suffit pour faire parcourir à la cuvette de mercure toute sa course.

Une petite résistance additionnelle permet de modifier facilement le régime d'équilibre. Un frein très sensible s'oppose aux mouvements périodiques de l'appareil et modère sa vitesse d'action.

Indicateur de la charge des accumulateurs. — L'indicateur de M. G. Fiévé, construit par M. Leroy, utilise les variations de la densité du liquide qui accompagnent les différents degrés de charge.

Un plongeur formé d'une lame d'ébonite, ayant sensiblement la même hauteur que le liquide, est suspendu à une aiguille légère placée devant un cadran divisé. Deux masses mobiles, l'une sur le prolongement de l'aiguille, l'autre sur une petite tige placée à 45° au-dessous de l'aiguille, servent à régler l'appareil, c'est-à-dire à amener l'aiguille au zéro quand les accumulateurs sont déchargés, et au point 100 lorsqu'ils sont complètement chargés.

L'appareil est alors prêt à fonctionner.

Si, à un moment donné, l'aiguille marque 30, cela veut dire que l'accumulateur renferme encore 30 p. 100

Digitized by Google

de sa charge maxima. On a donc à chaque instant, par une lecture simple et directe, l'état de charge de l'accumulateur et, par conséquent, de la batterie entière.

L'aiguille a une course de 33 centimètres; elle est très mobile, car elle est portée par un couteau reposant sur des coussinets d'agate.

Cet indicateur peut, avec une légère modification, devenir avertisseur de fin de charge et de décharge; il suffit que l'aiguille actionne une sonnerie lorsqu'elle arrive à ses positions extrêmes.

Limiteur automatique de débit. — Certaines stations centrales donnent des abonnements *à forfait*, qui permettent à l'abonné d'avoir un nombre quelconque de lampes, à condition de n'allumer jamais à la fois que le nombre fixé par la police d'abonnement. Pour veiller automatiquement à ce que cette condition soit remplie, on se sert le plus souvent de commutateurs, qui éteignent certaines lampes quand on en allume d'autres, ou de fils fusibles, qui doivent fondre quand le nombre de lampes en circuit dépasse un certain maximum. Le premier procédé complique l'installation et le second est d'une efficacité douteuse.

L'appareil de M. G. Martin est destiné à limiter automatiquement le nombre des lampes en service : il est simple, robuste, peu coûteux et d'une grande sensibilité.

Soit L (fig. 57) un groupe de lampes branché sur les prises de courant AB; on intercale dans le circuit le limiteur, qui comprend un interrupteur à mercure DE et un électro-aimant F. L'armature H de ce dernier est fixée au bout d'un levier, mobile autour de *h* et portant un bec L'. Une roue M, entraînée dans

Digitized by Google

le sens de la flèche par un mouvement d'horlogerie, porte une goupille *o*, qui vient buter contre L' lorsque l'armature H n'est pas attirée ; les roues M et N se trouvent ainsi arrêtées, car la seconde engrène avec la roue *m*, solidaire de M. Si au contraire l'armature H est attirée, les roues tournent librement et les cames *a*, *a'*..., fixées sur N, viennent soulever succes-

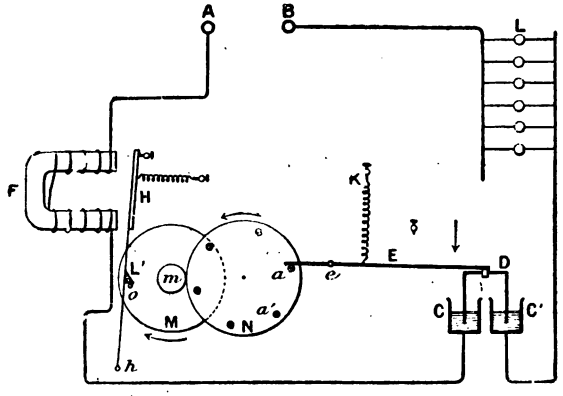

Fig. 57. — Principe du limiteur automatique de débit.

sivement l'extrémité du levier E, mobile autour de *e*; à chacun de ces chocs, la fourche D plonge dans les godets CC' et ferme un instant le circuit. Dans l'intervalle des contacts, le ressort K relève la fourche D et le circuit est rompu.

Le ressort de rappel de l'armature H doit être réglé de telle sorte que cette armature ne soit pas attirée tant que le nombre des lampes en service ne dépasse pas le maximum fixé par l'abonnement, et qu'elle le soit dès qu'on ajoute une lampe supplémentaire. Dans ce dernier cas, les roues se mettent à tourner et la

Digitized by Google

fourche D produit une série de ruptures qui se traduisent par une succession continue d'éclairs et d'extinctions rendant la lumière insupportable. Dès qu'on ramène les lampes en service au nombre réglementaire, l'armature H est rappelée, la goupille *o* rencontre le bec L' et arrête les roues; l'une des cames *a* se trouve alors en contact avec le levier E, qu'elle soulève; le circuit reste fermé et l'éclairage normal est assuré.

Anneau-isolateur. — L'anneau-isolateur permet d'installer les fils conducteurs d'une manière très simple, sans produire de dégâts et sans endommager en aucune façon les tentures. Il se compose d'un anneau en porcelaine ou autre matière isolante, muni extérieurement d'une rainure, dans laquelle on introduit un crochet faisant ressort, qui serre l'anneau et ne lui permet aucun mouvement latéral. Un premier modèle se fixe directement dans le mur, à l'aide d'un marteau et d'un outil spécial; un autre se suspend à un clou ou à une vis ordinaire, au moyen d'un œillet. Dans les deux cas, une tête ornementée masque le clou. On place d'abord les crochets, puis on fait glisser sur le câble autant d'anneaux qu'il est nécessaire : on fixe ensuite ces anneaux sur les crochets en les poussant avec les doigts l'un après l'autre. On peut tendre les fils en les serrant dans les anneaux par l'intermédiaire de petits coins en bois ou en employant un anneau spécial à vis de serrage. Ce système s'installe facilement et présente un aspect très propre.

Digitized by Google

CHAPITRE V

APPAREILS DE MESURES ET DE CONTROLE

Voltmètres : Voltmètre électrostatique pour faibles potentiels, voltmètre enregistreur ; voltmètre avertisseur, voltmètres enregistreurs pour courants alternatifs. — Compteurs d'électricité : Compteurs Aron, E. Thomson. — Wattmètre portatif de la Cie des compteurs. — Wattmètre enregistreur.

Voltmètres. — *Voltmètre électrostatique pour faibles potentiels.* — La différence de potentiel efficace, donnée par les circuits secondaires de distribution d'énergie par courants alternatifs, est difficile à mesurer exactement. Les voltmètres thermiques, fondés sur la dilatation d'un fil, absorbent généralement une puissance assez notable, environ 30 à 40 watts pour 110 volts : quant aux voltmètres pour courants alternatifs fondés sur les actions électromagnétiques, leurs indications ne sont pas toujours exactes lorsqu'on les emploie à des fréquences très différentes de celles pour lesquelles ils ont été étalonnés.

L'électromètre employé sous la forme idiostatique est exempt de ces défauts, mais il manque souvent de sensibilité et d'apériodicité. Lord Kelvin (sir W. Thomson) l'a perfectionné en employant la disposition

Digitized by Google

dite multicellulaire, qui accroît la sensibilité. Sous sa forme la plus récente (fig. 58), cet appareil comprend deux séries de 10 quadrants fixes en métal, commu-

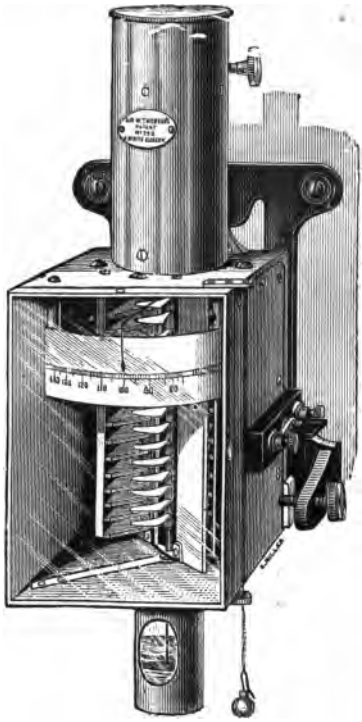

Fig. 58. — Voltmètre électrostatique de lord Kelvin.

niquant avec une borne extérieure isolée, et un groupe de 10 aiguilles d'aluminium, en forme de lemniscate, calées sur un arbre de même métal ; cet arbre est fixé à l'extrémité d'un fil de platine-iridium, soudé par

Digitized by Google

l'autre bout à un chapeau qui tourne à frottement sur un tube de laiton protégeant le fil de suspension. La partie supérieure de l'arbre est munie d'un ressort elliptique, qui vient buter contre la base du tube de laiton lorsqu'on élève cet arbre au moyen d'un petit plateau situé près de son extrémité inférieure ; ce plateau se déplace à l'aide d'une vis moletée placée extérieurement, au centre de la base de l'appareil.

Sur l'arbre se trouve également une aiguille équilibrée en aluminium, mobile au-dessus d'un cadran divisé ; l'amortisseur, constitué par un disque de laiton, peut être élevé ou abaissé par une lame que commande une manette extérieure. L'appareil est entouré d'une enveloppe métallique communiquant avec le cadran, avec l'aiguille et avec deux plaques de laiton verticales, qui limitent la course de l'aiguille et servent en outre d'armature répulsive. Il est soustrait à toutes les influences et peut être déplacé sans inconvénient, lorsqu'on a calé la suspension.

Le modèle destiné aux tableaux de distribution ne diffère que par quelques détails : la graduation est tracée sur une surface cylindrique concentrique à la suspension ; l'aiguille est recourbée ; l'amortisseur est un disque de laiton suspendu à l'aiguille par un crochet et se déplaçant dans l'huile lourde. Cet appareil est sensiblement apériodique.

L'ampèremètre industriel du même savant, destiné aussi aux tableaux de distribution, est formé d'un solénoïde vertical, composé de pièces de cuivre en U, à branches très serrées, séparées par des feuilles de mica, et reliées en tension par des lames de cuivre inclinées qui servent en outre à accélérer le refroidissement. L'appareil mobile comprend une tige de

Digitized by Google

fer très doux, terminée par une tige de laiton munie d'un poids. Cette tige porte un étrier horizontal, qui repose par ses arêtes vives dans des trous percés dans un cadre en platinoïde portant une aiguille et suspendu

Fig. 59. — Voltmètre enregistreur F. Henrion.

par deux crochets fixes en cuivre rouge. Ce système est équilibré par un contrepoids suspendu à l'extrémité d'un levier. Le mouvement de la tige de fer est rendu bien vertical par la masse de laiton qui la termine. L'appareil est muni en outre d'un petit amortisseur à glycérine; il est soustrait aux actions extérieures et n'exige qu'un réglage extrêmement simple : il suffit de le placer verticalement, ce qui est réalisé

Digitized by Google

lorsque l'aiguille s'arrête au zéro en circuit ouvert.

Voltmètre enregistreur. — Cet appareil se compose d'un voltmètre Hummel (1), dont l'aiguille porte à sa partie inférieure un crayon qui se déplace sur un disque de carton tournant d'un mouvement uniforme

Fig. 60. — Voltmètre avertisseur J. Richard pour tableaux de distribution.

(fig. 59). Ce disque porte des circonférences concentriques, correspondant aux différences de potentiel entre 90 et 110 volts, et des secteurs courbes représentant les divisions horaires ; il est facile à enlever et à replacer. Dans cet appareil, les deux parties, le volt-

(1) Voy. *Dictionnaire d'Électricité*, art. VOLTMÈTRE, p. 983.

Digitized by Google

mètre et l'enregistreur, sont d'une égale simplicité.

Voltmètre avertisseur. — Cet appareil est destiné à avertir lorsque la tension du courant de distribution est trop haute ou trop basse. Il se compose d'un solénoïde (fig. 60), qui attire un cylindre de fer doux, suspendu à l'extrémité d'un fléau de balance et équilibré par un contrepoids, dont on règle la position suivant la valeur normale de la tension. L'extrémité opposée du fléau se trouve placée entre deux pointes verticales et vient toucher l'une ou l'autre de ces pointes lorsque la tension devient trop forte ou trop faible ; ce contact ferme le circuit de l'une des deux lampes, de couleur différente, qui sont placées au-dessus de l'appareil. Ce voltmètre peut être réglé facilement entre 80 et 150 volts et sa sensibilité peut varier entre 1 et 10 volts.

On construit aussi un avertisseur d'intensité fondé sur le même principe.

Voltmètres enregistreurs pour courants alternatifs. — Le voltmètre J. Richard est fondé, comme ceux de M. G. Hopkins et du major Cardew, sur l'allongement d'un fil fin sous l'action thermique du courant à mesurer. Le fil métallique (fig. 61), ayant 3 m. de longueur et 400 ohms environ de résistance, est attaché à un point fixe K, passe sur une série de poulies légères et isolées *aa* et vient s'attacher à un petit ressort spiral *r*, qui le maintient tendu. Le style enregistreur est relié par une articulation au fil métallique et se déplace lorsque la longueur de celui-ci vient à changer. La quantité de chaleur dégagée et par suite le déplacement de l'aiguille donnent la différence de potentiel aux bornes, dont elles sont fonction.

Digitized by Google

Comme le courant doit passer d'une façon continue dans l'appareil, la température inférieure s'élève sensiblement, et il est à craindre que les distances des poulies viennent à changer. Cet inconvénient est évité par un compensateur de température. Pour la mise en service, il suffit d'amener l'aiguille au zéro

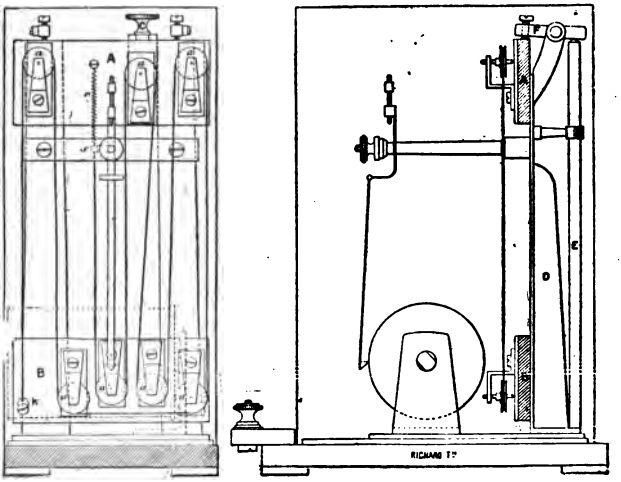

Fig. 61. — Voltmètre enregistreur J. Richard.

au moyen d'un bouton moleté. L'appareil n'ayant ni capacité, ni self-induction, ni hystérésis, les indications sont les mêmes pour les courants continus ou alternatifs. Le fil peut supporter sans fondre une tension double de celle qu'il doit mesurer.

Le voltmètre Hartmann et Braun utilise encore la chaleur dégagée par le courant en traversant un fil fin en platine-argent de 0,06 mm. de diamètre et 16 cm. environ de longueur (fig. 62). Vers le milieu de ce fil,

Digitized by Google

qui est maintenu par deux pinces à ses extrémités, s'attache un fil de laiton vertical *m*, ayant 0,05 mm. de diamètre et 10 cm. de longueur, et dont l'extrémité inférieure est fixe. Enfin un fil de cocon *c*, qui s'enroule sur une poulie munie d'une aiguille, relie le milieu du fil *m* à l'extrémité d'un ressort-lame *p*, dont l'action maintient tendu l'ensemble des trois fils. Lorsque le courant passe, le fil de platine-argent se dilate; le fil *m*

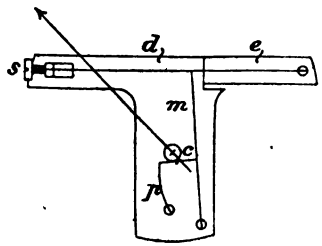

Fig. 62. — Principe du voltmètre Hartmann et Braun.

n'est plus tendu et le ressort *p* entraîne le fil de cocon, ce qui fait tourner l'aiguille vers la droite.

Pour rendre les indications indépendantes de la température extérieure, la plaque qui porte le premier fil se compose de deux parties, l'une *d* en laiton, l'autre *e* en fer, et les longueurs de ces deux parties ont été calculées de telle sorte que l'allongement de la plaque soit égal à celui du fil. D'ailleurs l'épaisseur de ce support a été réduite au minimum, afin qu'il se mette plus vite en équilibre de température. Enfin, l'une des bornes qui soutiennent le fil peut être légèrement déplacée au moyen de la vis *s*, pour permettre de ramener l'aiguille au zéro, s'il y a lieu. Toutes les bornes sont soigneusement isolées.

Digitized by Google

L'axe de l'aiguille porte un disque d'aluminium d'une petite épaisseur (fig. 63), qui passe, lorsque l'aiguille tourne, entre les branches d'un fort aimant ; cette disposition rend l'appareil suffisamment apériodique.

Ce voltmètre peut servir pour les courants alternatifs aussi bien que pour les courants continus. Pour les

Fig. 63. — Voltmètre Hartmann et Braun.

tensions élevées, on ajoute des résistances placées au fond de la boîte.

Le même appareil peut servir d'ampèremètre, mais on augmente alors le diamètre du fil de platine-argent et on le subdivise en plusieurs sections, qui sont traversées parallèlement par le courant, afin de réduire la résistance. Le courant est amené au fil par des lames d'argent minces et très flexibles. La résistance additionnelle se monte également en dérivation.

Compteurs d'électricité. — Les compteurs peuvent

Digitized by Google

être divisés en deux classes. La première comprend les appareils à indications continues, qui enregistrent d'une façon ininterrompue les variations de la quantité d'électricité ou celles de l'énergie, suivant les cas. Dans cette catégorie rentrent les compteurs chimiques et les *compteurs-moteurs*, tels que celui de M. Aron.

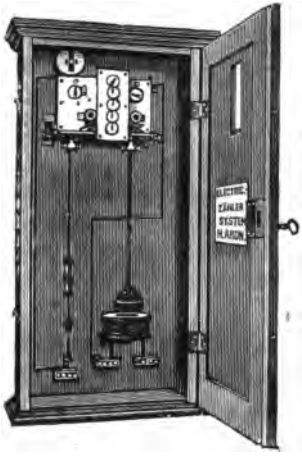

Fig. 64. — Wattmètre Aron.

La seconde classe comprend les appareils à indications discontinues, qui ont pour but d'enregistrer, à intervalles égaux, les indications d'un appareil de mesure, ampèremètre ou électrodynamomètre. C'est cette catégorie qui paraît produire le plus grand nombre d'appareils. Ajoutons encore que les compteurs d'énergie ou wattmètres se multiplient beaucoup plus vite que les compteurs de quantité ou coulombmètres. C'est qu'en effet il y a beaucoup plus d'intérêt à mesurer l'énergie ; d'ailleurs les wattmètres deviennent eux-mêmes des

Digitized by Google

coulombmètres lorsque la distribution se fait à potentiel constant.

Compteur Aron. — Au concours ouvert par la ville de Paris, le 31 août 1890, deux compteurs furent considérés comme remplissant toutes les conditions du programme, ceux de M. Aron et de M. E. Thomson; nous les décrirons d'abord.

Les modèles actuels du compteur Aron ne diffèrent pas sensiblement des anciens (1); le type couronné dans le concours est le wattmètre (fig. 64); dans ce nouveau modèle, les spires des deux bobines sont horizontales.

L'ampèreheuremètre et le wattmètre peuvent tous deux se construire aussi pour distributions à trois conducteurs : ils portent alors deux bobines à gros fil placées sur les conducteurs extrêmes. Les balanciers des hectowattheuremètres se terminent par des bobines à fil fin, recevant une dérivation et mesurant les volts entre deux conducteurs avoisinants. Le balancier de l'ampèreheuremètre porte deux aimants correspondant aux deux bobines à gros fil. Ces appareils font connaître la consommation avec une exactitude de 1 p. 100.

Ces compteurs se font encore pour distributions à 5 fils; les wattmètres se construisent aussi pour courants polyphasés. Les premiers sont en usage au secteur de la place Clichy, les autres à la station centrale de Heillbronn.

Compteur E. Thomson. — Le modèle actuel du compteur E. Thomson, qui a obtenu, avec le précédent, le premier prix au concours de la ville de Paris, se

(1) Voy. *Dictionnaire d'Électricité*, p. 151.

Digitized by Google

compose d'un moteur M (fig. 65), entraînant un disque de Foucault D monté sur son axe B. Le moteur se compose de deux solénoïdes JJ, à gros fil et à spires verticales, placés en prolongement l'un de l'autre, dans l'intérieur desquels tourne un tambour M composé de bobines de fil fin, aboutissant à un petit collecteur en

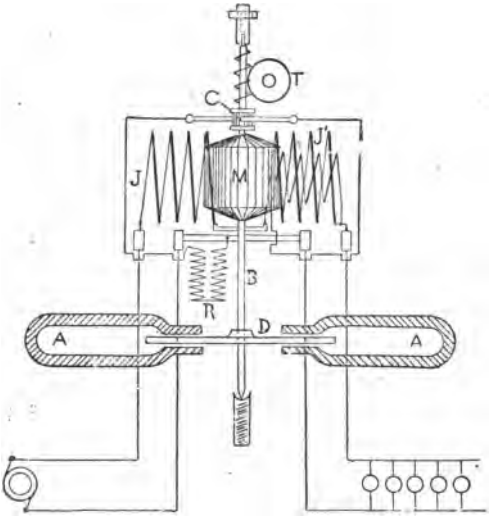

Fig. 65. — Principe du compteur E. Thomson.

argent, sur lequel frottent deux balais de même métal. Cet induit est mis en dérivation sur les deux conducteurs principaux, à travers une résistance R assez considérable pour éviter les étincelles aux balais. Ce moteur est complètement exempt de fer, de sorte qu'on n'a pas à craindre les effets des variations de magnétisme. Un disque de cuivre D, calé à la partie inférieure de l'arbre du moteur, tourne librement entre

Digitized by Google

les pôles rapprochés de trois forts aimants AA. On démontre que la vitesse de rotation du disque est proportionnelle à la puissance du courant ; le nombre de tours effectué dans un temps donné est donc proportionnel à l'énergie dépensée. L'arbre porte, à sa partie supérieure, une vis sans fin qui engrène avec un compteur de tours I; les cadrans de cet appareil font donc connaître la dépense d'énergie.

Les frottements ont été réduits autant que possible, en faisant reposer la partie inférieure de l'arbre sur une coupe en saphir poli, en atténuant la pression des balais, et en équilibrant presque complètement le couple résistant dû au frottement par un compoundage spécial. L'induit, le disque et la résistance étant formés du même cuivre, les variations de température n'influent pas sur les indications, car les changements de résistance agissent également sur le couple moteur et sur le couple résistant; enfin le disque tourne toujours avec une faible vitesse. L'appareil peut entrer en mouvement pour une puissance de 10 watts environ.

Ce compteur peut servir pour les courants alternatifs comme pour les courants continus, sans qu'aucune modification soit nécessaire. Il se construit aussi pour distributions à 3 et à 5 fils.

Wattmètres portatifs. — L'emploi de plus en plus fréquent des compteurs d'énergie électrique nécessite, chez les abonnés, des essais rapides et cependant d'une certaine précision.

La Compagnie des compteurs emploie pour cet usage l'appareil fig. 66. Dans l'intérieur du bâti B, qui est en bronze et d'une seule pièce, se trouvent

Digitized by Google

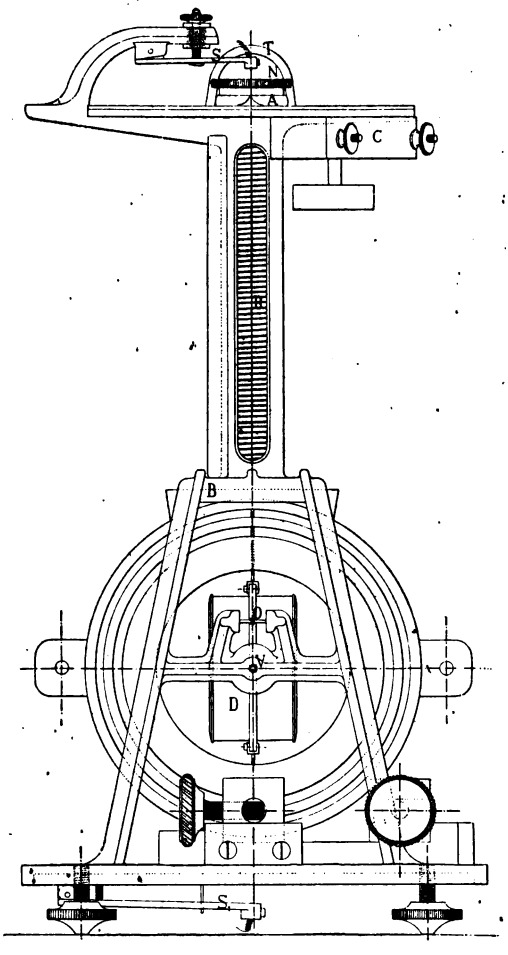

Fig. 66. — Wattmètre portatif.

Digitized by Google

deux enroulements, l'un intérieur, destiné aux courants de 0 à 30 ampères, l'autre extérieur, pour les courants de 30 à 250 ampères. La bobine mobile D est supportée par un fil métallique fixé aux deux pinces SS, par lesquelles arrive le courant dérivé. L'action électrodynamique est équilibrée par la tension d'un ressort R, soudé d'une part à la bobine D et de l'autre au bouton N, dont la rotation est mesurée par l'aiguille A, mobile sur un cercle divisé; une seconde aiguille O indique la position de la bobine. Deux vis V immobilisent la bobine pour les transports; la clef C permet de changer le courant dérivé. L'appareil peut reposer sur des vis calantes ou se fixer au mur par l'attache T.

Ce wattmètre est très condensé, très robuste et d'un transport facile; mais le coefficient de self-induction est assez élevé et l'échauffement n'est pas négligeable.

Wattmètre enregistreur. — MM. Richard frères ont construit un modèle de wattmètre enregistreur de 5000 ampères et 119 volts, ce qui donne une puissance de 550000 watts. Les quatre premiers appareils de ce système ont été faits pour la Compagnie continentale Edison et sont installés deux à la station Trudaine, deux à la station Drouot.

Le circuit fixe (fig. 67) est formé de huit barres plates de cuivre, en forme d'U, réunies en quantité par six gros boulons, présentant une section de 50 cm², et séparées par de petites cales de cuivre qui laissent circuler l'air, pour empêcher l'échauffement. La bobine mobile est à fil fin, de forme à peu près sphérique; elle se trouve au centre du champ sensiblement uniforme produit par le courant fixe; elle est calée

Digitized by Google

sur un axe horizontal terminé d'un côté par une pointe et de l'autre par un couteau reposant sur un plan d'acier trempé ; elle communique d'une part avec le

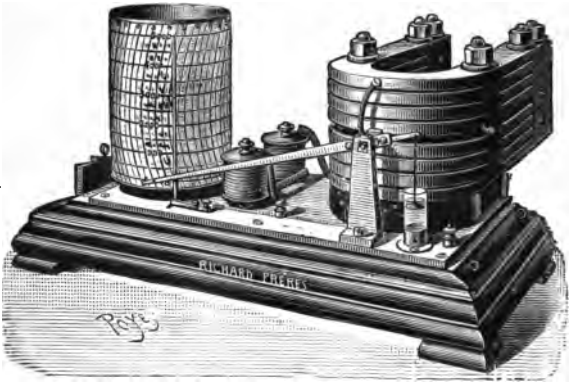

Fig. 67. — Wattmètre enregistreur de 550000 watts de J. Richard.

circuit fixe, de l'autre avec une résistance additionnelle, formée des deux bobines qu'on voit à gauche. L'axe porte en outre un levier d'aluminium, terminé par une plume qui se meut sur un tambour enregistreur, faisant un tour entier en 24 heures ; à l'autre extrémité du levier est suspendu un petit disque plongeant dans un tube rempli de glycérine et qui sert d'amortisseur.

Digitized by Google

CHAPITRE VI

LAMPES ÉLECTRIQUES ET APPAREILS ACCESSOIRES

Régulateurs : Cance, de Contades, Brianne, Wilbrant, Bardon, E. Thomson. — Lampes à incandescence : Bernstein, Waring. — Dériveur-réallumeur. — Bobine à réaction. — Globes diffuseurs transparents.

Lampes à arc ou Régulateurs. — *Régulateur Cance.* — Le type 1892 de ce régulateur diffère notablement du précédent (1). Le mouvement des charbons et des mécanismes est produit par le poids du porte-charbon supérieur A. Les deux porte-charbons sont suspendus à des cordelettes de soie C_1 C_2, enroulées dans les filets à gorge d'un tambour vertical T, qu'on voit à gauche (fig. 68), et qui est divisé en deux parties présentant des diamètres dont l'un est double de l'autre. Ces cordelettes passent ensuite sur deux poulies B_1 B_2, et s'engagent dans deux tubes creux pour aboutir aux porte-charbons. Le sens de l'enroulement est tel que, si le tambour vient à tourner, les deux charbons se meuvent en sens contraire, et la différence des diamètres maintient le point lumineux fixe.

L'axe du tambour porte, vers sa partie supérieure,

(1) Pour le type précédent, Voy. *Dictionnaire d'Électricité*, page 412.

Digitized by Google

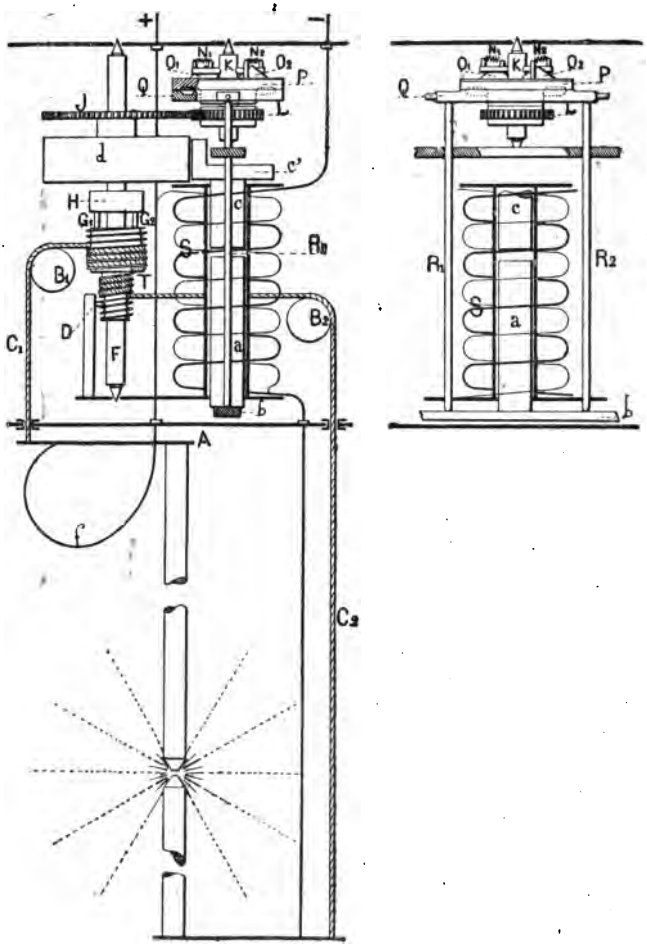

Fig. 68. — Mécanisme de la lampe Cance, type 1892.

Digitized by Google

une roue dentée J, qui engrène avec un pignon L calé sur un autre arbre K. Cet arbre porte un plateau allumeur-régulateur P, au-dessous duquel se trouve un plateau frein annulaire à bras Q, reposant sur les tiges R_1 R_2. L'arbre K porte une goupille transversale M, adhérant constamment, au moyen des ressorts N_1 N_2, sur les cônes O_1 O_2, faisant partie du plateau P, qui peut recevoir un mouvement vertical sur son arbre.

Le solénoïde S porte deux enroulements; l'un, en gros fil, reçoit le courant principal, qui arrive par la borne positive et traverse d'abord le conducteur fixe *e*, le conducteur souple *f*, puis les deux charbons; l'autre enroulement, en fil fin, est placé en dérivation sur les deux bornes de la lampe. Ce solénoïde renferme un noyau fixe *c* et un noyau mobile *a*, solidaire des tiges R_1 R_2.

Au repos, les charbons sont au contact; le plateau P repose sur l'assiette du pignon L et le plateau Q sur les tiges R_1 R_2. Dès que le courant passe, le noyau *a* s'élève, entraînant les tiges R_1 R_2; le plateau frein, soulevé, s'applique contre le plateau allumeur P et l'entraîne; ce dernier mouvement fait tourner d'un certain angle la goupille M, qui entraîne l'arbre K, le pignon L, la roue J et le tambour T; celui-ci enroule légèrement la cordelette C_1 et déroule C_2, ce qui produit un léger écart des charbons et par suite l'allumage.

L'arc s'allongeant, le noyau *a* tend à redescendre; il arrive un moment où l'adhérence des deux plateaux est assez faible pour permettre un léger glissement du plateau régulateur, ce qui laisse les deux charbons se rapprocher d'une petite quantité; l'intensité du courant augmente à son tour et l'adhérence des pla-

Digitized by Google

teaux arrête ce rapprochement. Ces effets d'adhérence variable se répètent constamment et maintiennent constant l'écart des charbons.

En outre, le volant de fonte *d*, présentant une partie de sa périphérie à l'épanouissement polaire du noyau

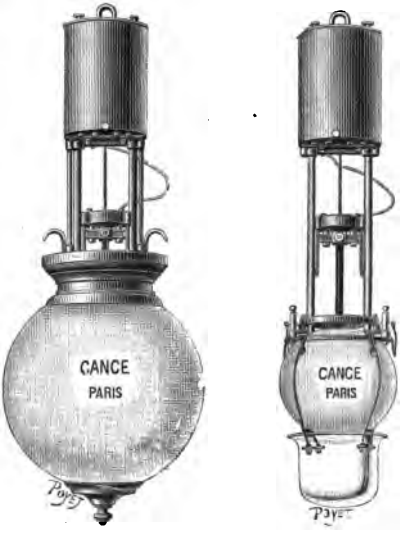

Fig. 69. — Lampes Cance, type 1892.

fixe *c*, constitue un frein magnétique dont la puissance varie, comme celle du frein mécanique, en fonction de l'intensité du courant, de sorte que les deux effets s'ajoutent. D'autre part, l'inertie de ce volant s'oppose à une remise en marche trop rapide provenant d'une action trop immédiate de la pesanteur.

La figure 69 montre l'aspect extérieur de ce nouveau modèle. Le boisseau de la lampe, c'est-à-dire la partie

Digitized by Google

qui renferme le mécanisme, est de hauteur très réduite, ce qui permet de rapprocher le point lumineux du point de suspension, et se prête mieux à l'ornementation extérieure de l'appareil. La course et la longueur des charbons peuvent varier à volonté et correspondre à des durées de seize à dix-huit heures d'éclairage, sans augmentation de la longueur du

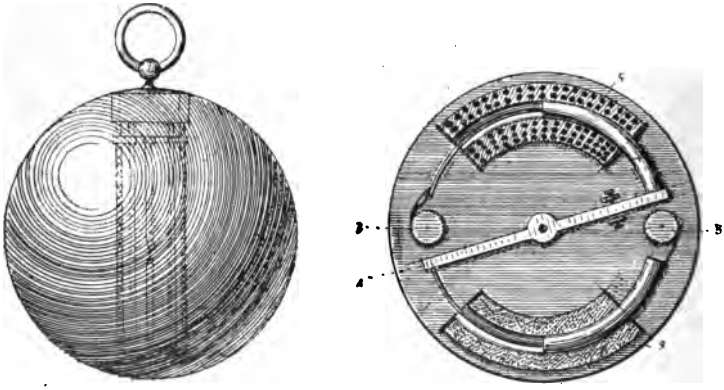

Fig. 70. — Lampe de Contades (vue extérieure et plan du mécanisme).

boisseau. Tous les organes susceptibles d'être touchés pendant le fonctionnement de la lampe sont isolés.

Régulateur de Contades. — Cette lampe, à point lumineux fixe, est caractérisée par la faible hauteur du mécanisme, qui, pour les petites intensités, n'est que de 3 centimètres, quelle que soit la hauteur des charbons. Grâce à cette particularité, elle peut être enfermée tout entière dans un globe sphérique (fig. 70), ce qui est très favorable à la décoration, et elle peut être employée facilement dans les locaux

Digitized by Google

peu élevés, tels que caves, sous-sols, navires, etc.

Les porte-charbons servent d'écrous à deux vis (fig. 71) présentant, dans les deux tiers supérieurs, un pas à deux filets dans un sens, et, dans le tiers inférieur, un pas de sens inverse et moitié moins allongé: ces vis peuvent tourner sur elles-mêmes sans avancer. Il résulte de cette disposition que les deux porte-charbons s'équilibrent eux-mêmes : un léger excès de poids du porte-charbon supérieur tend à les ramener au contact.

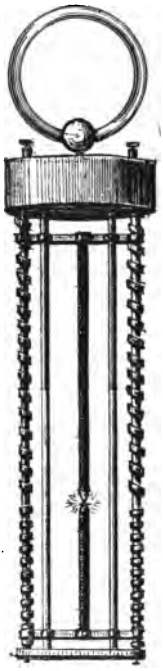

Fig. 71. — Lampe de Contades (élévation).

Les vis se terminent par deux têtes moletées BB : un balancier horizontal A porte deux barreaux de fer doux recourbés en arcs de cercle, dont la fig. 70 montre la disposition. Quand le courant passe, le solénoïde principal attire son fer doux ; deux ressorts frottent sur les têtes BB et provoquent la séparation des charbons. Quand la résistance augmente, le solénoïde à fil fin attire à son tour son barreau : le balancier tourne en sens contraire et les ressorts abandonnent les têtes BB, laissant les charbons se rapprocher par la pesanteur. Une disposition spéciale permet de supprimer complètement le fer et d'employer avantageusement les courants alternatifs.

Régulateur Brianne. — Le mécanisme de cette lampe

Digitized by Google

est extrêmement simple. Le charbon inférieur est fixe ; le charbon supérieur (fig. 72) est porté par une crémaillère C, qui engrène avec un petit pignon denté P, monté sur le même axe qu'un volant V. Ce volant

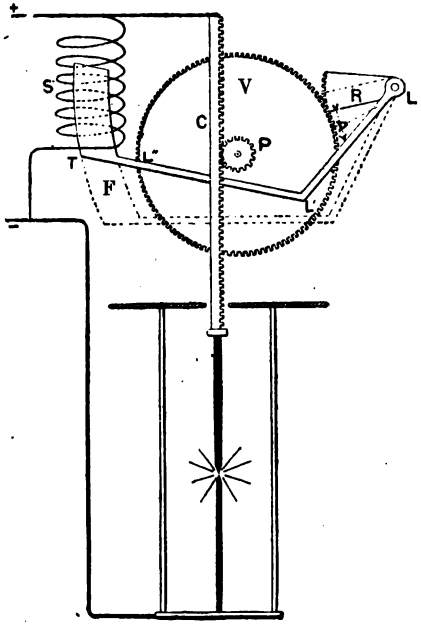

Fig. 72. — Mécanisme du régulateur Brianne.

engrène avec un secteur denté R, mobile autour d'un axe horizontal, autour duquel tourne également une tige portant une lame de fer doux F, en forme d'arc de cercle, qui peut pénétrer dans un solénoïde S, monté en dérivation sur les bornes de la lampe. Une tige à ressort, reliée au secteur denté, permet de

Digitized by Google

l'écarter et de libérer le porte-charbon supérieur, pour le remonter et l'abaisser quand on remplace les charbons.

Quand la lampe n'est pas en service, la palette F repose sur la tête d'une vis, non figurée, qui est fixée dans la base de la boîte du mécanisme et qui lui sert de support ; par suite la crémaillère C est soulevée et les charbons se trouvent écartés. Le courant passe donc d'abord tout entier par le solénoïde S, qui attire la palette F ; le secteur R, le volant V et le pignon P se mettent à tourner, de sorte que la crémaillère C s'abaisse jusqu'à ce que les deux charbons se touchent. Le solénoïde, se trouvant alors en court circuit, cesse d'attirer la palette F, qui, en retombant, fait mouvoir les pièces dentées : les charbons s'écartent et l'arc s'allume. L'intensité augmente de nouveau dans le solénoïde et l'équilibre s'établit. La grande inertie des pièces rend ces mouvements lents.

Fig. 73.— Lampe Brienne.

Le réglage se fait en modifiant la position relative du secteur et de la tige de la palette. Lorsque l'arc présente la longueur convenable, le secteur denté cesse d'engrener avec le volant ; toutes les 20 secondes environ, il laisse échapper une dent, ce qui correspond à un rapprochement de 0,15 millimètre.

Digitized by Google

Le montage de ces lampes en tension a été étudié par M. J. Laffargue, à l'usine des Halles ; montées par 4 en tension sur 240 volts, à courant continu, et par 3 sur 105 volts, à courants alternatifs, avec une intensité de 14 ampères, elles ont donné de bons résultats. D'autres essais, effectués à l'École de Physique et de Chimie industrielles de la ville de Paris, ont également réussi.

La figure 73 montre l'aspect extérieur de la lampe Brianne.

Régulateur Wilbrant. — Cette lampe, employée en Belgique depuis 1892, est d'une construction extrêmement simple, et donne de bons résultats, bien que l'électro allumeur et l'électro régulateur soient tous deux en fonte ; ce dernier est cependant sensible à des variations d'une fraction de volt.

Le réglage est produit par l'électro-aimant tubulaire E (fig. 74), monté en dérivation, et dont le noyau est percé d'un trou, que traverse le porte-charbon supérieur T. L'armature discoïde A est également percée d'un trou pour laisser passer ce porte-charbon ; mais elle est soulevée par le ressort R et exerce sur la tige T un frottement assez considérable pour l'empêcher de descendre. Cette armature porte en outre une lame flexible I, réglée par un ressort D, et agissant comme l'interrupteur automatique d'une sonnerie.

Lorsque l'intensité augmente dans la dérivation, l'armature A, attirée, s'abaisse et laisse descendre d'une petite quantité la tige T, entraînée par son poids ; en même temps, la dérivation se trouve coupée au contact de I avec la pointe 3 et l'armature remonte aussitôt, sans ramener la tige T. Il se produit ainsi une série d'oscillations de l'armature, accompagnées

Digitized by Google

d'un petit bruit sec et régulier, jusqu'à ce que les charbons aient repris leur distance normale. Les vibrations de l'armature sont limitées par le butoir B.

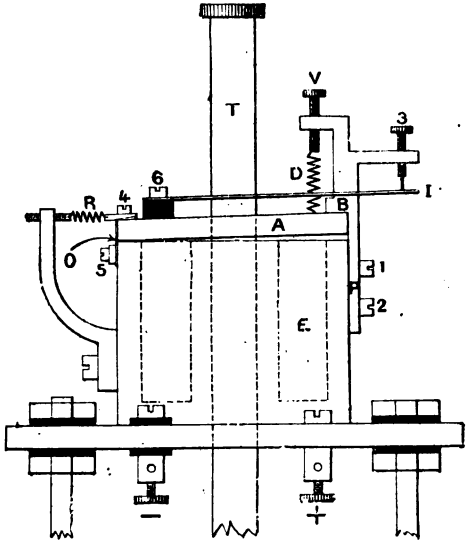

Fig. 74. — Mécanisme régulateur de la lampe Wilbrant.

L'appareil fonctionne aussi bien avec 2 ampères qu'avec 10.

Régulateur Bardon. — Le régulateur Bardon, imaginé en 1888 (1), a subi depuis des modifications importantes. Le modèle 1891 (fig. 75) a pour organe essentiel un solénoïde B, dans l'axe duquel se trouvent deux noyaux de fer doux, l'un fixe N, l'autre mobile N'. Lorsque le solénoïde devient actif, le noyau N', attiré, fait basculer, par l'intermédiaire de la tige

(1) Voy. *Dictionnaire d'Électricité*, page 414.

Digitized by Google

N′o′, le levier *m n*, qui tourne autour du point *o* et vient faire frein en calant un volant V. Une cordelette de soie, dont les extrémités sont fixées en *m* et *n*, passe sur la gorge d'un petit moyeu solidaire du volant et soutient, à l'aide de galets de mouflage, les deux porte-charbons *pp′*.

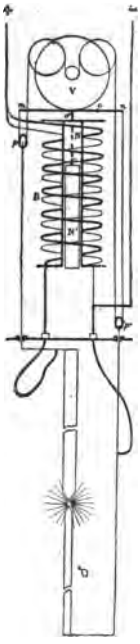

Fig. 75. — Régulateur Bardon, modèle 1891.

Le porte-charbon supérieur est le plus lourd et sert de moteur. Sollicités par son poids, les deux charbons, au repos, se rapprochent et restent en contact. Si l'on ferme le circuit, le noyau N′ est attiré et le levier *m n* vient, en se soulevant, caler le volant V. Ce déplacement de *m n* soulève le charbon supérieur en *p*, abaisse le charbon inférieur en *p′* et produit l'allumage.

Ces lampes peuvent être disposées de deux façons. Elles peuvent d'abord fonctionner seules, en dérivation sur un circuit spécial de 65 à 70 volts. L'enroulement du solénoïde se compose alors uniquement d'un gros fil monté en tension avec l'arc et traversé par le même courant.

La lampe étant allumée, l'intensité diminue à mesure que les charbons s'usent ; la pression du frein devient plus faible et le volant glisse d'une manière continue, permettant aux charbons de se rapprocher sans cesse et insensiblement, pour maintenir l'arc à sa grandeur normale.

Ce montage en dérivation est celui qui se prête le

Digitized by Google

mieux au réglage; mais il est plus économique de placer un certain nombre de régulateurs, 2, 5, 10,.... en série. Il est à craindre alors que, les lampes les plus sensibles se réglant d'abord, leurs charbons se rapprochent jusqu'au collage, tandis que l'arc des autres régulateurs deviendrait de plus en plus grand.

Pour éviter cet inconvénient, on dispose sur le solénoïde un second enroulement *différentiel* en fil fin, branché en dérivation aux bornes de l'arc et agissant sur les noyaux en sens inverse de l'enroulement principal.

Plus l'arc d'une lampe tend à s'allonger, plus l'intensité croît dans l'enroulement différentiel, qui neutralise de plus en plus l'action du gros fil et facilite le décalage du volant. Si la lampe tend à coller, le fil fin ne reçoit qu'une faible intensité et, le gros fil gardant toute sa puissance, le volant est immobilisé.

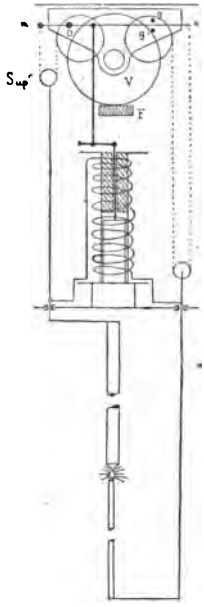

Fig. 76. — Régulateur Bardon à potentiel constant, mod. 1892.

Le modèle 1892 (fig. 76) est destiné au montage en série par grand nombre (30, 40 ou 50 par exemple). Le rapprochement des charbons est la conséquence d'une augmentation de voltage aux bornes; il s'effectue pour une différence de potentiel de 40 ou 42 volts, suivant la valeur adoptée; on peut ainsi introduire une de ces lampes, réglée séparément, dans le

Digitized by Google

circuit des autres sans avoir besoin préalablement de les équilibrer en série. La bobine à gros fil est supprimée, de sorte que la lampe peut fonctionner à toutes les intensités.

Les organes sont disposés à peu près comme dans le modèle précédent; mais le volant est porté par une boîte mobile autour du point *O*, qui représente aussi l'axe de rotation du levier *m n*. La boîte à volant porte deux goupilles *gg'* servant de butées à ce levier. Le frein est fixe; le grand bras du levier *O n* soutient le porte-charbon inférieur.

Le solénoïde porte un seul enroulement en fil fin, monté en dérivation aux bornes de l'arc. Au repos, la boîte à volant s'abaisse, sollicitée par son poids et par celui du porte-charbon inférieur, qui vient s'appuyer sur elle par l'intermédiaire de la goupille *g'*; le volant se trouve calé sur le frein et les charbons restent écartés. Si on ferme le circuit, le noyau mobile soulève l'extrémité *n* du levier, ce qui élève d'abord le charbon inférieur; puis le levier atteint la goupille *g* et soulève la boîte à volant. Le volant n'étant plus calé, les charbons viennent au contact. A ce moment, le courant passe entièrement par les charbons, et, la bobine n'étant plus actionnée, tout le système redescend : le volant vient d'abord reposer sur le frein et immobilise les charbons; puis le levier *O n*, continuant à s'abaisser, produit l'allumage par le recul du charbon inférieur.

Les charbons s'usant, le voltage aux bornes croît. L'attraction de la bobine augmente; l'extrémité *n* du levier se soulève et vient toucher la goupille *g*; le volant commence alors à glisser d'une manière continue. D'ailleurs, il reste toujours un recul disponible,

Digitized by Google

car le levier *O n* peut à tout instant descendre jusqu'à la goupille *g'* en abaissant le charbon inférieur.

Régulateur E. Thomson. — La lampe Thomson,

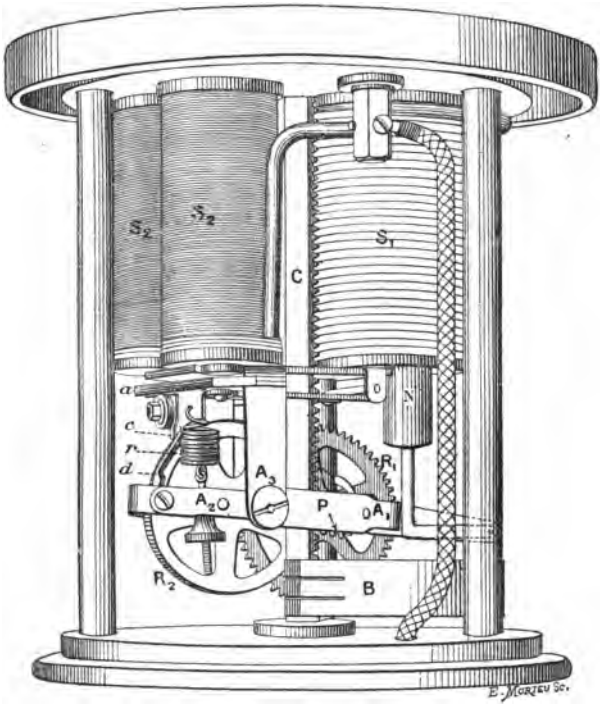

Fig. 76 *bis*. — Mécanisme de la lampe E. Thomson 93.

modèle 93, pour circuits à potentiel constant, comprend un mécanisme robuste, dont toutes les pièces sont faciles à inspecter, à nettoyer et à changer. Un cadre métallique (fig. 76 *bis*), pouvant osciller légèrement autour

Digitized by Google

de l'axe A_3, situé en son milieu, porte deux autres axes A_1 et A_2. Sur le premier de ces deux axes sont calés un pignon P, engrenant avec une tige à crémaillère C, parfaitement guidée, qui porte le charbon supérieur, et une roue dentée R_1, commandant un second pignon, fixé à l'axe A_2, ainsi qu'une roue R_2, munie d'une fine denture en argent. Le cadre est également relié avec un noyau de fer N, qui pénètre dans un solénoïde S_1 à gros fil ; l'action de cet organe provoque le mouvement d'oscillation.

Le cadre porte encore un ressort à tension réglable *r*, accroché d'autre part à l'armature de fer doux *a* d'un électro-aimant à fil fin S_2 ; à cette armature est fixé un cliquet d'arrêt en argent *c*, engrenant avec la roue R_2 et servant d'interrupteur, car il est monté en circuit avec cette roue et l'électro à fil fin.

L'une des bornes étant à la masse, le courant est amené au porte-charbon supérieur par un balai fixé au bâti en pressant contre la crémaillère. Les charbons étant en contact, au moment de l'allumage, le courant principal traverse le solénoïde S_1, qui attire le noyau N et élève la partie antérieure du cadre. Ce mouvement détermine l'écart des charbons et la formation de l'arc. En même temps, l'autre partie du cadre s'abaisse, tend le ressort *r* et attire l'armature *a*, dont le cliquet enclenche la roue R_2 et empêche le mouvement de descente du charbon supérieur.

Quand la différence de potentiel aux bornes de l'arc devient assez grande pour que l'action du solénoïde à fil fin soit prédominante, l'armature *a* se soulève légèrement, laissant tourner le train de minuterie et descendre le porte-charbon ; mais, la dérivation se trouvant interrompue en *c*, l'armature est ramenée aussitôt

Digitized by Google

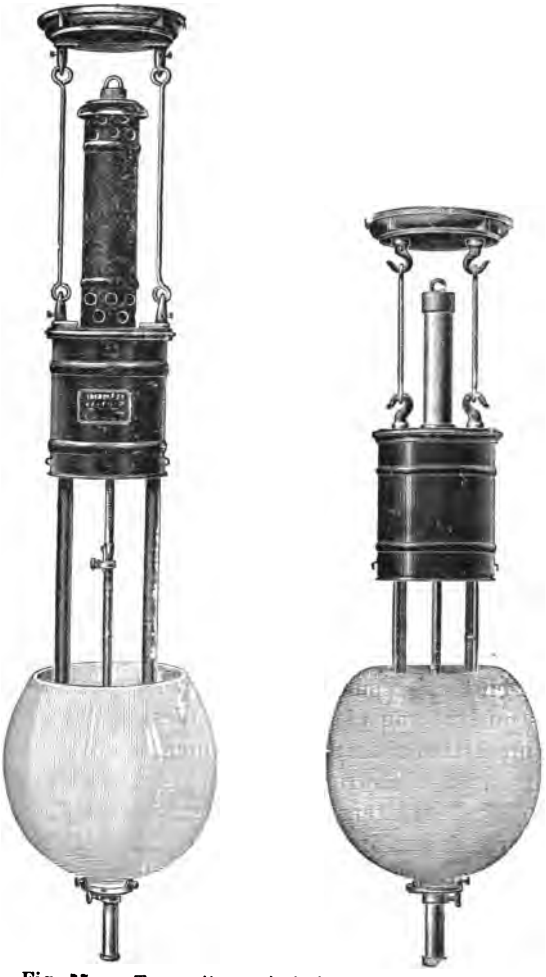

Fig. 77. — Types divers de la lampe Thomson 93.

Digitized by Google

par le ressort *r* et ce mouvement s'arrête. La descente se produit ainsi par une série de petites impulsions jusqu'à ce que l'équilibre soit obtenu.

Au repos, le cadre soulève l'armature *a* au moyen d'un doigt *d* en laiton; le cliquet *c* est alors dégagé et l'on peut faire mouvoir à volonté le porte-charbon supérieur.

Cette lampe (fig. 77) se construit en quatre types: lampe étalon et lampe courte pour circuits à 110 volts; lampe à point lumineux fixe; lampe pour circuits de tramways ou de transmission d'énergie. Tous les modèles sont réglés pour 9 ampères et 43 à 45 volts; on emploie des charbons positifs à âme et des charbons négatifs pleins.

Les lampes étalons sont munies d'une résistance additionnelle, disposée autour de la cheminée, et se montent par deux en tension sur un circuit de 110 volts; en faisant varier la résistance, elles peuvent supporter un courant très différent de 9 ampères. Les lampes courtes et les lampes à point lumineux fixe ne portent pas de résistance; elles nécessitent l'emploi d'un rhéostat. Les lampes pour circuits de tramways se montent par 4 en tension sur 220 volts ou par 10 sur 500 volts; elles portent une résistance qui n'est mise en circuit par un électro-aimant qu'au moment où le circuit de l'arc se trouve interrompu; un rhéostat auxiliaire permet d'ajuster l'intensité exactement à 9 ampères.

Lampe à arc incandescent. — M. L.-B. Marks a présenté au Congrès de Chicago une lampe à arc qu'il désigne improprement sous le nom de *lampe à arc incandescent*, dans laquelle les charbons sont enfermés dans une enveloppe hermétique en verre réfractaire. A la partie supérieure se trouve seulement une petite

Digitized by Google

soupape, qui laisse échapper une partie de l'air intérieur, lorsque sa pression devient trop forte par suite de l'élévation de température, mais ne laisse jamais rentrer l'air extérieur. Les charbons sont maintenus par des garnitures métalliques, isolées du verre par des bouchons d'amiante.

Dans ces conditions, la chaleur, qui est ordinairement dissipée dans l'air, échauffe les gaz intérieurs : l'arc est à peine visible, mais tout le contenu de l'enveloppe paraît lumineux. L'usure des charbons est notablement diminuée; l'arc est plus long que dans les lampes ordinaires, pour la même différence de potentiel, et il ne présente pas la flamme qu'on observe toujours dans les lampes avec les arcs de grande longueur. Avec les courants alternatifs, le ronflement est moins accentué, ce qui peut s'expliquer en partie par la présence du récipient hermétique. Il convient d'ajouter que la dépense d'énergie est plus grande qu'avec les lampes à arc nu : elle s'élève à 1,17 watt par bougie au lieu de 0,84.

Lampe à arc incandescent à haut potentiel. — MM. Marks et Ransom ont donné ce nom compliqué à un foyer dont les charbons sont enfermés dans un très petit globe rempli d'oxyde de carbone, ce qui permet de réduire l'intensité du courant et d'augmenter la différence de potentiel; ainsi, au lieu de 9 ampères et 50 volts, on peut employer 100 volts et 4,5 ampères, ce qui serait impossible à l'air libre. Un dispositif spécial permet de régler la pression du gaz intérieur. L'arc est très fixe; il a $12^{mm},5$ de longueur et n'offre pas la couleur des arcs longs à l'air libre.

Ce système offre divers avantages. D'abord il devient inutile de monter les arcs par deux en série. Les char-

Digitized by Google

bons s'usent très lentement, de sorte que la différence de potentiel n'augmente que de quelques volts par heure. En outre, la perte d'énergie est beaucoup plus faible. La dépense du charbon est notablement diminuée; la division des foyers peut être augmentée; les étincelles sont supprimées et l'absence de cendres et de suie rend l'appareil très propre.

Lampe Bernstein. — Nous avons décrit cette

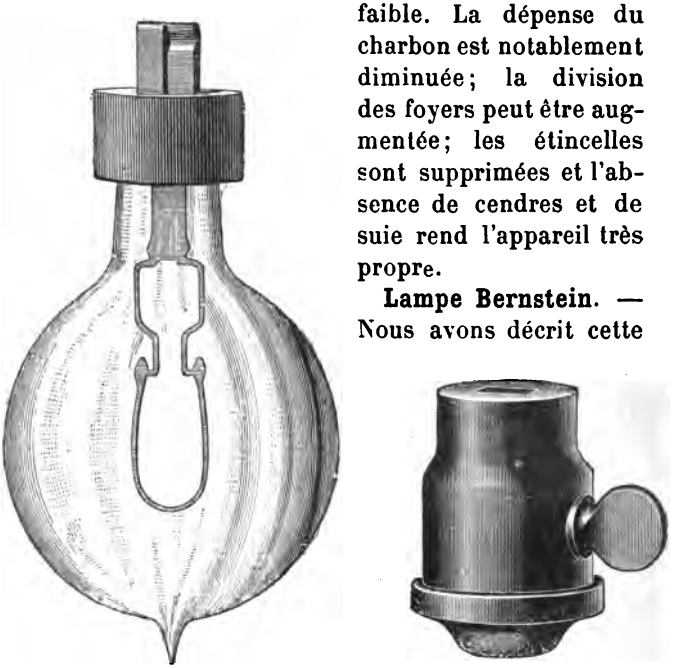

Fig. 78. — Lampe Bernstein de 10 ampères et son support.

lampe, peu employée en France, mais très répandue en Amérique (1). Elle est destinée aux installations à intensité constante, et présente par suite une faible résistance. Elle doit donc être montée en tension et permet alors d'obtenir une meilleure division de l'éclairage

(1) Voy. *Dictionnaire d'Électricité*, p. 437.

Digitized by Google

que les lampes à arc de faible puissance lumineuse.

Le modèle actuel (fig. 78) se compose d'un filament gros et court, replié en U et fixé à deux tiges qui servent à assujettir la lampe sur sa douille. Celle-ci porte une clef qui oblige à mettre la lampe en court circuit avant de la retirer, ainsi qu'un ferme-circuit automatique, qui assure la continuité du circuit lorsque le filament vient à se briser. Cet appareil se compose de deux ressorts, séparés par une substance médiocrement isolante et placés en dérivation sur la lampe. Quand le filament casse, cette matière est traversée par le courant entier, qui l'échauffe et la ramollit assez pour permettre aux deux ressorts de venir en contact. La douille et la clef sont en matière isolante, afin d'éviter les accidents dus au potentiel élevé du courant.

La lampe Bernstein peut servir à l'éclairage des rues comme à celui des édifices. Dans le premier cas, la douille se trouve enfermée dans une boîte formée par le réflecteur et l'abat-jour, ce qui la met à l'abri de la poussière et de l'humidité ; on peut cependant changer la lampe facilement, même pendant la marche.

Lampe Waring. — M. John Waring a imaginé de placer le filament des lampes à incandescence dans une atmosphère de vapeur de brome, qui paraît diminuer l'usure du filament et le noircissement de l'ampoule, sans cependant augmenter le rendement lumineux. Ces résultats sont d'ailleurs encore contestés.

Dériveur-réallumeur. — Cet appareil, construit par M. Bardon, se place en dérivation aux bornes de lampes montées en série et sert à remplacer automatiquement le régulateur par une résistance équivalente

Digitized by Google

à celle de l'arc, lorsque le courant se trouve rompu à l'intérieur de la lampe. Il se compose d'un solénoïde enroulé en fil fin et placé en dérivation sur les bornes du régulateur. Quand le voltage augmente d'une façon anormale, ce solénoïde attire un levier dont l'extrémité vient toucher une butée fixe : les connexions sont telles que la lampe se trouve alors remplacée par le rhéostat. Si le régulateur se retrouve ensuite à son état normal, les charbons revenant au contact, le solénoïde n'a plus d'action ; le levier, sollicité par un ressort antagoniste, quitte le contact, et la lampe est réallumée.

Globe diffuseur transparent. — Sous ce nom, M. Frédureau a présenté à l'Académie des sciences des globes destinés à éviter les inconvénients de l'arc électrique. Cet arc, en effet, « éblouit les yeux et donne des oppositions violentes d'ombre et de lumière. Les points de l'espace situés au-dessous du foyer, c'est-à-dire précisément là où il y a besoin de lumière, sont obscurcis par les ombres des supports, des cendriers et des charbons eux-mêmes. » Ces globes se composent d'enveloppes en verre ou en cristal transparent, munies à l'extérieur d'anneaux prismatiques horizontaux, dont la forme est calculée pour produire :

« 1° La concentration de la lumière vers la zone de l'espace située au-dessous du foyer, par la réflexion des rayons du foyer intérieur sur la face supérieure transparente des anneaux ;

« 2° La diffusion, par les réflexions et réfractions diverses produites par l'action réciproque des anneaux les uns sur les autres.

« Ces anneaux sont établis notamment d'après les deux systèmes suivants :

Digitized by Google

« 1° *Faces supérieures* en paraboloïde de révolution, les paraboloïdes successifs ayant un même foyer, qui est le centre du globe. *Faces inférieures* planes, perpendiculaires à l'axe. Les rayons sont réfléchis par la face supérieure sur la face inférieure et sortent sans dispersion.

« 2° *Faces supérieures* coniques, formant, avec les

Fig. 79. — Globe Frédureau.

rayons issus du foyer, un angle au moins égal à l'angle limite. Les *faces inférieures* devraient, pour éviter toute dispersion, être taillées suivant des portions de tore ; mais il suffit, dans la pratique, de les tailler suivant des surfaces coniques ayant le foyer lumineux comme sommet. »

Ces globes (fig. 79) transforment la lumière en un large faisceau, supportable à la vue, et évitent l'opposition excessive des ombres ; ils rendent la lumière

Digitized by Google

de l'arc non seulement supportable, mais agréable dans les appartements. Des enveloppes analogues peuvent être appliquées aux lampes à incandescence.

Bobine à réaction. — Cet appareil, employé par la Compagnie Thomson-Houston, se compose d'un noyau

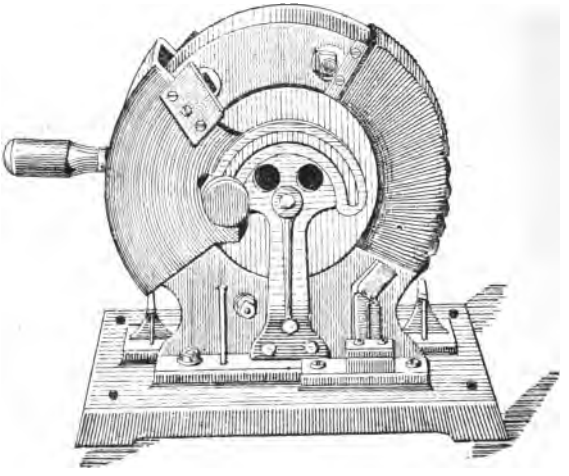

Fig. 80. — Bobine à réaction Th. Houston.

en fer laminé (fig. 80), ayant la forme d'un anneau et recouvert de fil isolé sur le tiers environ de sa circonférence. Ce fil aboutit à des bornes placées sur le socle et doit être placé en série sur le circuit. Concentriquement à l'anneau est placé un tambour en fer laminé, auquel est fixé un chapeau en cuivre de large section, formant une bobine fermée qui entoure l'anneau à une très petite distance. Lorsque le chapeau recouvre l'enroulement, il établit une communication directe entre les deux bornes et la bobine se trouve mise en

Digitized by Google

court-circuit. A mesure qu'on éloigne le chapeau, la self-induction et la force contre-électromotrice augmentent dans de notables proportions. On peut ainsi diminuer l'intensité lumineuse des lampes placées sur le circuit et les amener jusqu'au rouge sombre.

La bobine à réaction est ainsi employée dans les théâtres pour graduer l'éclairage ; elle s'applique aussi à l'éclairage des rues par courants alternatifs.

Si l'on veut éclairer un lieu situé près d'une station centrale avec la même machine qui sert à éclairer une ville située beaucoup plus loin, il n'est pas toujours possible de calculer les fils de manière que le potentiel, aux centres de distribution, soit réglé par la dynamo suivant la charge. L'emploi d'une bobine à réaction, en série avec le circuit le plus court, permet de réduire la force électromotrice et de maintenir les lampes à leur potentiel normal, tandis que celui de la machine s'élève pour compenser les pertes sur le circuit le plus long.

Digitized by Google

CHAPITRE VII

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

Éclairage de l'Olympia ; de l'Auditorium, à Chicago ; de Clermont-Ferrand ; d'Anvers ; des trains de chemins de fer. — Éclairage intermittent de tramways. — Éclairage des rues par l'incandescence. — Éclairage électrique et chauffage à vapeur combinés.

Éclairage de l'Olympia. — La magnifique salle de spectacle, connue sous le nom d'*Olympia* et construite sur l'emplacement occupé autrefois par les *Montagnes Russes*, est pourvue d'une station électrique remarquable à tous les points de vue.

Cette installation comprend trois générateurs à vapeur, système Babcok et Wilcox et trois dynamos à vapeur de 135 chevaux chacune. Chaque ensemble de dynamo à vapeur comporte une dynamo Rechniewski à huit pôles, de 80 kilowatts, et un moteur à vapeur Willans à simple effet et à distribution centrale, auquel elle est accouplée directement.

Cette usine alimente actuellement 1750 lampes à incandescence de 16 bougies, 14 lampes à arc de 8 ampères et 5 moteurs électriques d'une puissance totale d'environ 8 chevaux. La figure 81 montre un candélabre garni de lampes à incandescence.

La salle des machines est placée derrière la scène

Digitized by Google

Fig. 81. — Candélabre électrique de l'Olympia.

Digitized by Google

et est divisée en deux parties séparées par une cloison. La partie postérieure est réservée à la chaufferie et n'est pas accessible au public; au contraire, la salle des machines est d'un accès facile pour les spectateurs, grâce à une galerie vitrée placée derrière la scène. Cette galerie forme le prolongement du promenoir qui règne autour de la salle, constituant ainsi un espace continu bien plus commode pour la circulation que les promenoirs en fer à cheval.

Éclairage de l'Auditorium, à Chicago. — On sait que l'esprit pratique des Américains ne recule devant aucune nouveauté. C'est ainsi qu'une importante compagnie financière n'a pas craint d'associer ensemble les deux établissements qui présentent le plus de dangers d'incendie, un théâtre et un hôtel. Cet édifice à double destination a été commencé en 1885 et terminé en 1888, après trente-cinq mois de construction, les travaux ayant été poussés avec toute l'activité possible; il constituait encore en 1893 une des principales attractions de Chicago.

C'est un immense bloc de maçonnerie, qui occupe une longueur de 120 mètres et présente en outre deux façades de 60 mètres sur deux avenues latérales. En réunissant ainsi dans un immeuble deux établissements dont la juxtaposition serait considérée en Europe comme extrêmement dangereuse, la compagnie de l'*Auditorium* a pris toutes les précautions imaginables. On est du reste habitué à Chicago, où l'on construit des maisons à 22 étages, à proscrire soigneusement les matériaux inflammables. La suppression absolue du gaz et l'emploi de l'électricité, combinés avec une excellente installation hydraulique, achèvent de garantir une parfaite sécurité.

Digitized by Google

L'électricité ayant été adoptée dès l'origine, les architectes ont pu disposer les foyers de la manière la plus avantageuse pour la décoration, et l'on n'a pas eu à s'inquiéter, pour les peintures, de l'influence des émanations que donne le gaz d'éclairage; c'est un avantage précieux qui ne s'est guère encore rencontré dans les théâtres d'Europe, construits, pour la plupart, avant l'adoption de l'éclairage électrique.

Le courant est produit par 10 dynamos de 1000 lampes chacune, commandées par 10 moteurs qu'alimentent un nombre égal de chaudières. L'usine, qui contient, en outre, une machine de secours, est installée dans des sous-sols spacieux disposés spécialement pour cet usage. Le parcours des conducteurs a été étudié d'avance avec soin, de manière à éviter tout contact avec des matières susceptibles de s'enflammer.

Le nombre total des lampes est de 10 000, dont 3500 pour la salle de théâtre et 1500 pour la scène. Le tableau de distribution, dirigé par le chef des jeux de lumière, comporte donc 5000 lampes, dont on peut faire varier l'éclat à l'aide de rhéostats; pour les 450 foyers de la rampe et les 150 lampes de chacun des six portants, ils sont munis d'écrans en verres colorés donnant les teintes rouges, vertes ou blafardes.

Le foyer des musiciens, situé derrière l'orchestre, et les trente vestiaires des figurants sont également éclairés à l'électricité, mais les lampes destinées à cet usage sont indépendantes du tableau de distribution du théâtre.

Pour tout l'édifice, qui comporte dix étages et occupe une superficie de 6000 mètres carrés sans aucune cour intérieure, les câbles et les fils électriques ont un développement total de 40 kilomètres.

Digitized by Google

Éclairage électrique de Clermont-Ferrand. — Cette ville, qui a possédé la première en France des tramways électriques, est dotée également d'une station centrale d'éclairage inaugurée le 24 juillet 1892, et qui dessert également la ville de Royat, située à 5 kilomètres. Cette station est située à l'usine à gaz, dans la partie basse de la ville, ce qui a permis d'utiliser l'eau des gazomètres pour la condensation ; elle comprend 3 groupes de 50 000 watts chacun. On a réservé la possibilité d'ajouter deux nouvelles chaudières.

Les chaudières sont cylindriques, à foyer intérieur et faisceau tubulaire dans le prolongement; chacune à 100 m² de surface de chauffe et pourrait, en marche forcée, alimenter deux moteurs. Ces chaudières possèdent deux injecteurs et deux pompes alimentaires, qui puisent l'eau sous pression, venant d'un réchauffeur placé dans les traînasses des fours à gaz. Cette eau arrive à 80°, ce qui donne une économie notable sur le combustible. Le réchauffeur doit être arrêté une grande partie de la journée pour éviter une surproduction de vapeur. Chaque chaudière communique avec la machine correspondante par un tuyautage indépendant; mais un collecteur muni de soupapes d'isolement permet de réaliser tous les couplages nécessaires. La grande quantité de vapeur produite rend la conduite des chaudières très facile.

Les moteurs sont horizontaux, du système Corliss, à enveloppe de vapeur ; ils actionnent les dynamos par courroies.

Le condenseur est placé à l'arrière du cylindre et commandé directement par la tige du piston. Les clapets, du système Corliss, sont entièrement métalliques. Un purgeur automatique enlève sans cesse l'eau de

Digitized by Google

condensation qui s'accumule dans l'enveloppe du cylindre.

L'eau d'alimentation des condenseurs est puisée au fond des cloches à gaz et déversée à la partie supérieure; à cause de sa grande masse, 5000 m. envi-

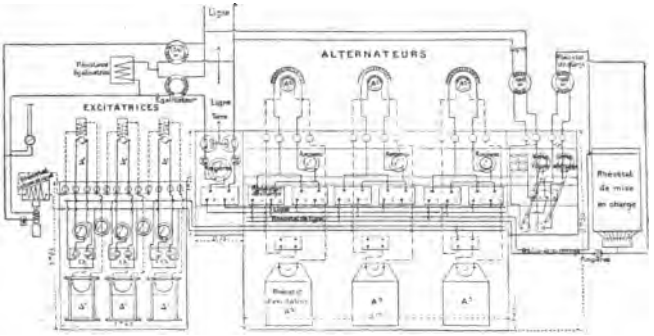

Fig. 82. — Tableau de distribution de Clermont-Ferrand.

ron, elle ne s'échauffe pas sensiblement en plusieurs heures.

Les machines peuvent aussi fonctionner avec échappement à l'air libre.

Les dynamos, du système Zipernowsky, Déri et Blathy, sont à courants alternatifs; elles actionnent des excitatrices à courant continu; elles font 500 tours et les excitatrices 900. Leur puissance nominale est de 50 kilowatts, mais peut être poussée sans inconvénient jusqu'à 60. Les excitatrices donnent 30 ampères et 110 volts; une seule peut suffire à la rigueur pour deux dynamos.

Les dynamos sont montées sur glissières, pour faciliter le réglage des courroies; elles peuvent se coupler facilement en quantité.

Digitized by Google

La distribution se fait au potentiel de 2000 volts : les communications s'établissent par l'intermédiaire du tableau de distribution, placé près des machines (fig. 82). Ce tableau est divisé en deux parties : le panneau de gauche se rapporte aux excitatrices et contient les appareils qu'on trouve ordinairement dans les installations à courant continu : il donne naissance à deux conducteurs qui se rendent aux inducteurs des alternateurs en traversant des rhéostats et des commutateurs doubles placés au bas du panneau principal ; la partie supérieure de celui-ci renferme les commutateurs bipolaires, les ampèremètres et les fils de connexion des dynamos avec la ligne et avec le rhéostat de mise en charge. Chaque alternateur a du reste deux commutateurs principaux, l'un pour ce rhéostat, l'autre pour la ligne, ce qui facilite les manœuvres.

La ligne part du côté gauche du panneau principal, par l'intermédiaire d'un commutateur double et de deux parafoudres à peignes. Un ampèremètre totalisateur indique le débit et vérifie les indications des ampèremètres individuels. Le rhéostat de mise en charge se trouve à droite du panneau principal ; il est en ferro-nickel et formé d'éléments facilement démontables. Le tableau comprend encore un indicateur de phases et un égalisateur de potentiel, qui agit toutes les fois que la perte de tension dans la ligne dépasse 2 0/0. Toutes les communications de ce tableau sont apparentes et les câbles des divers circuits sont peints de couleurs différentes.

La ligne primaire est aérienne ; elle repose sur le faîtage des maisons et en dehors de la ville sur des poteaux. Les transformateurs placés chez les abonnés ont une puissance de 1000 à 10 000 watts. Leur faible

Digitized by Google

dépense à vide permet de les laisser constamment en circuit; on peut cependant les séparer pour les mesures d'isolement.

Éclairage électrique d'Anvers. — L'éclairage de la ville d'Anvers a été modifié ; il est assuré actuellement, depuis l'année 1892, par une installation très originale, due à Van Rysselberghe, et qui emprunte la force motrice à une canalisation d'eau sous pression. D'après Van Rysselberghe, « la production industrielle de l'électricité est basée sur une transformation de l'énergie mécanique, mais cela exige du travail moteur, car il y a équivalence entre l'énergie électrique produite, d'une part, et l'énergie mécanique absorbée, d'autre part.

« Un cheval-vapeur peut allumer 12 lampes à incandescence de 16 bougies; et comme on obtient aisément, dans une bonne machine, un cheval-heure par la combustion de 1 kilogramme de charbon, il s'ensuit que le prix de *fabrication* de l'électricité pour une lampe de 16 bougies ne dépasse guère 1/8 de centime par heure, tandis qu'un bec de gaz consomme dans le même temps pour 5 centimes de gaz, au prix de 20 centimes le mètre cube, ce qui ferait 40 fois le prix de revient de l'électricité. Pourquoi donc les Compagnies électriques ne parviennent-elles pas à livrer aux consommateurs l'électricité à moins de 5 centimes par lampe et par heure? Précisément parce qu'il faut la *livrer*, parce que le *transport* en est très onéreux, exigeant soit des câbles d'un coût énorme, soit des méthodes de transformation compliquées, dangereuses et peu pratiques. »

Quelle que soit la valeur réelle de ces assertions, Van Rysselberghe a cru pouvoir en conclure qu'il faut

Digitized by Google

éviter de transporter l'électricité et autant que possible la consommer sur place; il faut donc, pour la distribuer dans une grande ville, multiplier les points de production, créer un certain nombre d'usines secondaires ne desservant chacune qu'une surface restreinte. Pour cela, il faut évidemment posséder une distribution d'énergie économique, qui puisse actionner les dynamos tout en convenant aux besoins généraux de l'industrie.

La Compagnie anversoise a demandé l'énergie nécessaire à l'hydraulique. Les usines primaires, de 500 chevaux, actionnent chacune 5 générateurs hydro-électriques de 50 kilowatts. Chaque machine hydraulique peut fouler par seconde 75 litres d'eau à 52,5 atmosphères. La canalisation hydraulique se compose de tuyaux en acier pouvant supporter 300 atmosphères, qui présentent une grande élasticité et ne produisent pas, comme la fonte, des affouillements dans le sol.

L'eau arrive ainsi, à une pression de 45 atmosphères environ, dans les stations secondaires, qui comprennent uniquement une turbine Van Rysselberghe reliée directement avec une dynamo. La turbine se compose d'une sorte de plateau de 80 cm. de diamètre, percé d'un grand nombre de petits alvéoles, semblables aux augets d'une roue Pelton; au sortir de la turbine, dont le rendement serait de 70 à 72 0/0, l'eau s'écoule directement à l'égout. Un mètre cube d'eau à 50 atmosphères pourrait, dit-on, donner 800 watt-heures.

Outre la turbine et la dynamo, chaque station secondaire contient encore un tableau de distribution, qui est très peu chargé, toute la distribution se faisant en simple dérivation avec deux conducteurs. Ce ta-

Digitized by Google

bleau contient seulement une horloge, un manomètre hydraulique timbré à 60 atmosphères, 10 ampèremètres Richard et 2 voltmètres Hummel.

La canalisation électrique est souterraine : elle est formée de gros câbles en fer placés dans une tranchée et soutenus par des isolateurs.

Éclairage des trains des chemins de fer. — Cette question fait peu de progrès. Néanmoins quelques tentatives ont eu lieu en France dans ces dernières années.

La Compagnie du Nord emploie les accumulateurs de la Société pour le travail électrique des métaux. Ces accumulateurs, au nombre de 16, sont disposés par 2 dans de petites boîtes et placés dans des coffres suspendus aux longerons des véhicules et accessibles du côté des marchepieds; une petite boîte renferme un commutateur. Deux des 16 éléments servent de réserve. Les lampes, de 28 à 30 volts, sont de 10 bougies pour la première classe, de 8 pour la seconde, de 6 pour la troisième ; elles consomment environ 3 watts par bougie. La batterie chargée peut alimenter les 4 lampes pendant 30 heures. Tous frais compris, cet éclairage revient à 2,89 centimes par lampe-heure de 30 watts, tandis que la lampe à huile de 7 bougies coûte 3,8 centimes par heure.

La Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée a mis en service 100 voitures de première classe à 4 compartiments, éclairées par des batteries de 12 accumulateurs multitubulaires Tommasi. Ces batteries sont placées dans des caisses mobiles interchangeables, contenant chacune 3 éléments, placés dans des compartiments distincts.

Chaque caisse se loge dans un coffre de tôle garni

Digitized by Google

de bois à l'intérieur; ces coffres sont fixés deux par deux, de chaque côté de la voiture, contre la partie extérieure du brancard du châssis; ils sont munis d'une porte, à charnière horizontale, qui se rabat pour permettre l'introduction de la caisse contenant les 3 accumulateurs.

Chaque coffre porte, sur la face interne des parois latérales, des ressorts en laiton plombé qui communiquent avec les lampes; deux pièces métalliques, en alliage de plomb et d'antimoine, reliées aux pôles du groupe de 3 éléments, viennent buter contre ces ressorts et mettent automatiquement le groupe en circuit.

Des tubes de fer, contenant les fils de communication, partent des ressorts de contact des coffres, passent contre les châssis et sous la caisse, se réunissent à l'un des bouts de la voiture pour traverser le commutateur d'allumage, le compteur horaire et le rhéostat, et arrivent sur le toit, qui porte les boîtes de dérivation, d'où partent les circuits dérivés alimentant les lanternes de chaque compartiment.

Chaque lanterne renferme 2 lampes à incandescence de 20 volts et de 10 bougies, dont l'une sert de réserve et s'allume automatiquement lorsque le filament de l'autre vient à se rompre. Ces lampes sont montées en dérivation sur le circuit principal; les lanternes sont disposées de telle sorte que, si l'installation électrique cessait de bien fonctionner, on pût facilement, et sans aucun démontage, se servir de l'éclairage à l'huile. Pour cela, la partie de la lanterne qui porte les lampes à incandescence est mobile et reçoit le courant d'un levier à 2 conducteurs, rabattu normalement sous le chapiteau de la lanterne. En cas d'avarie

Digitized by Google

aux appareils électriques, on relève le levier, on enlève le porte-lampes électrique et on le remplace par une lampe à huile.

La batterie d'accumulateurs peut alimenter l'éclairage pendant 35 heures : un compteur horaire, placé au même endroit que le manomètre dans les voitures éclairées au gaz d'huile, indique pendant combien d'heures elle peut encore fonctionner : il se compose d'une horloge qui ne marche que pendant le passage du courant; le cadran porte 35 divisions, et l'aiguille se meut de la division 35 à la division 0.

Un rhéostat sert à compenser, pendant la première partie de la décharge, l'excès de voltage de la batterie sur celui qui est nécessaire au fonctionnement normal des lampes; on le met hors circuit lorsque le compteur horaire marque à peu près 17. Un commutateur d'allumage est placé au même endroit que le robinet principal dans les voitures éclairées au gaz d'huile.

Voici, d'après la *Revue Générale des Chemins de fer*, les principales données de cette installation :

Poids d'une boîte mobile contenant un groupe de 3 éléments.....	57 kilogr.
Poids total des 4 boîtes mobiles.....	228 —
— des électrodes seules.....	156 —
— du reste de l'installation (coffres des batteries, conducteurs, commutateurs, rhéostat, compteur horaire, lanternes).....	270 —
Poids total.....	498 kilogr.
Nombre d'éléments d'accumulateurs.....	12
Capacité totale de la batterie en wattheures.	5600
Nombre d'heures d'éclairage en admettant pour chaque lampe une consommation de 38 watts	36 heures.

Digitized by Google

Éclairage intermittent de tramways. — Il existe à Chicago un tramway funiculaire, qui traverse un tunnel pratiqué sous la rivière et brillamment éclairé par des lampes à arc. Malgré cet éclairage, les voyageurs se trouvent plongés dans une obscurité relative, pendant la traversée du tunnel, à cause du plafond du véhicule. La Compagnie qui exploite cette ligne a employé un moyen ingénieux pour remédier à cet inconvénient. Des fils sont tendus au-dessus des deux voies, dans toute la longueur du tunnel, comme pour un tramway électrique à trolley. Sur le toit de chaque voiture se trouve un support muni d'une roulette pour prendre le courant. Ce support est maintenu habituellement dans une position horizontale : à l'entrée du tunnel au contraire, il est déclenché automatiquement et prend la position verticale, qu'il conserve jusqu'à la sortie ; pendant ce temps, le courant est transmis par le trolley aux quatre lampes disposées à l'intérieur du véhicule. Le retour se fait par le *grip* du funiculaire. Grâce à ce dispositif, les voyageurs occupés ne sont pas condamnés à perdre leur temps et peuvent continuer sans interruption la lecture commencée.

Éclairage des rues par l'incandescence. — Les lampes incandescentes sont peu employées pour l'éclairage des rues ; elles ont cependant plusieurs avantages. Elles donnent une lumière constante, ne sont influencées ni par le vent, ni par la tempête ; elles peuvent s'allumer simultanément et il est facile de les éteindre et de les rallumer plusieurs fois dans le courant d'une nuit, par exemple si le ciel se couvre et se découvre par intervalles ; enfin, elles conviennent aux rues étroites et tortueuses mieux que les lampes à arc, qui laissent trop de parties dans l'ombre.

Digitized by Google

Fig. 83. — Poteau pour l'éclairage des rues.

Digitized by Google

La Compagnie Thomson-Houston emploie, pour l'éclairage des rues par l'incandescence, les alternateurs à champ magnétique composé décrits plus loin.

Les lampes sont disposées en série sur des circuits généralement de 1000 volts et de 3,5 ou de 5,5 ampères. Les conducteurs principaux qui fournissent le courant à ces lampes peuvent servir aussi pour la distribution générale de l'éclairage au moyen des transformateurs. Ces appareils sont placés sur des branches séparées et réunis aux conduits principaux.

Les lampes ont des intensités lumineuses comprises entre 20 et 50 bougies ; les plus employées sont celles de 25 bougies. Elles sont montées sur des douilles renfermant un dispositif qui ferme le circuit automatiquement, soit lorsqu'on retire la lampe, soit lorsque le filament se brise.

Ces lampes peuvent être supportées par divers systèmes ; la figure 83 montre un poteau formé d'un tube très mince, renforcé par des haubans métalliques.

Le système Thomson-Houston est appliqué à Saint-Brieuc, Bilbao, Avilès, Saint-Pétersbourg, Odessa, Moscou, Helsingfors, Stockholm, etc.

Éclairage électrique et chauffage à vapeur combinés. — Dans une bonne machine à vapeur, une grande partie de la chaleur fournie par la chaudière se retrouve dans la vapeur d'échappement et se perd dans l'atmosphère ou dans le condenseur. On peut éviter cette déperdition en combinant l'éclairage électrique et le chauffage à vapeur : la vapeur d'échappement de la machine qui actionne la dynamo est employée pour le chauffage : c'est ce qui a lieu dans le système Grouvellè.

Digitized by Google

Les moteurs destinés à cet usage doivent présenter certaines dispositions spéciales, car la vapeur d'échappement destinée au chauffage doit être complètement dépourvue d'huile, qui encrasserait les conduites de distribution et empêcherait d'employer la vapeur à chauffer par barbotage des bains de teinture ou d'autres liquides ; en outre, il convient d'alimenter les générateurs avec les eaux de condensation, qui sont chaudes et exemptes de matières incrustantes, et l'addition de matières grasses pourrait déterminer des explosions.

Enfin, comme les machines n'utilisent qu'une différence de pression, il peut être utile de les alimenter avec de la vapeur à très haute pression et par suite à une température dangereuse pour les huiles de graissage. De plus la vapeur d'échappement, employée au chauffage, doit présenter une pression variable suivant les cas, mais toujours sensiblement supérieure à la pression atmosphérique.

Les machines du système Grouvelle-Douane, Jobin et Cie sont combinées pour cette application. Tous les organes en contact avec la vapeur sont équilibrés sans frottement sensible ; l'étanchéité des pistons et des tiroirs est due à une série de rainures qui retardent la fuite et à un certain nombre de dispositions particulières.

Il peut arriver, suivant l'heure et la saison, que l'éclairage exige une quantité de vapeur inférieure, supérieure ou égale à celle que nécessite le chauffage ; le premier cas est d'ailleurs le plus général. Pour satisfaire à ces conditions diverses, le tuyau d'échappement du moteur A (fig. 84), qui actionne la dynamo D, se rend d'abord à un récipient égalisateur de pres-

Digitized by Google

sion B, et de là à la canalisation GH. Le récipient B communique en outre avec le générateur C par un tuyau spécial muni d'une soupape régulatrice de pression E, et peut être mis en rapport avec l'atmosphère

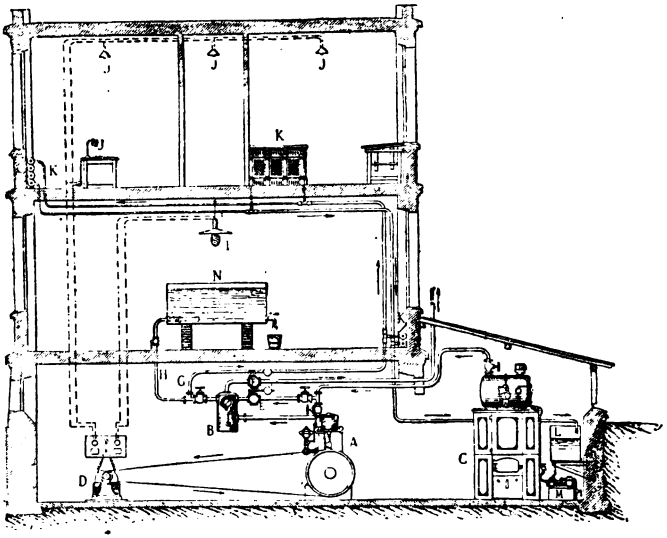

Fig. 84. — Éclairage électrique et chauffage à vapeur combinés, système Grouvelle.

par la soupape de décharge F. Si le chauffage exige de la vapeur à la pression p, on règle la soupape E pour qu'elle laisse arriver la vapeur dans le récipient seulement jusqu'à une pression un peu inférieure à p, et la soupape F pour qu'elle la laisse sortir à partir d'une pression un peu plus grande que cette limite. On comprend facilement comment cette disposition règle les écarts de la machine et ramène toujours à

Digitized by Google

la pression voulue la vapeur destinée au chauffage.

On voit en G la prise de vapeur destinée au chauffage des locaux, en H une prise utilisée pour le chauffage d'un bain liquide N par barbotage, en I et J des lampes à arc et à incandescence; K représente les surfaces de chauffe, L le récipient des retours et M la pompe alimentaire.

Ce système ne peut pas s'appliquer uniformément dans tous les cas. Ainsi, lorsque le chauffage est beaucoup moins important que l'éclairage, il est bon d'employer la machine, pendant la journée, à charger des accumulateurs qu'on emploie le soir pour l'éclairage.

Lorsque l'éclairage présente la même importance pendant toute l'année, il est préférable de le produire, pendant l'été, au moyen d'une seconde machine à condensation, et de réserver la machine sans graissage pour le service d'hiver.

Les usines qui emploient la vapeur pour le chauffage pendant toute l'année peuvent se servir de la machine pendant le jour pour actionner les outils de l'atelier.

Ce système mixte a été installé notamment à la Caisse des dépôts et consignations, à Paris, et au lycée d'Aurillac.

La première de ces installations, qui fonctionne depuis longtemps pour le chauffage, comprend 5 générateurs Field, timbrés à 5 kg. et donnant chacun 300 kg. de vapeur par heure. Le chauffage fonctionne à une pression comprise entre 0,5 et 1,5 kg. En 1892, on a ajouté pour l'éclairage une machine de 20 chevaux, actionnant une dynamo Rechniewski, qui charge pendant le jour une batterie d'accumulateurs de la Société pour le travail électrique des métaux. Pendant

Digitized by Google

les heures de fort éclairage, la machine travaille avec les accumulateurs.

Le lycée d'Aurillac possède deux machines sans graissage, l'une, de 20 chevaux, pour l'éclairage direct, l'autre, de 6 chevaux, pour la charge des accumulateurs. La vapeur est fournie par deux générateurs Collet, produisant 500 et 300 kilogrammes de vapeur par heure. La pression est de 15 kilogrammes à l'admission et de 4 à l'échappement. Pendant l'été, la seconde machine travaille seule un jour sur deux, pour charger les accumulateurs. Il y a deux dynamos servant l'une pour l'éclairage direct, l'autre pour la charge des accumulateurs. L'installation comprend 405 lampes de 10 et de 16 bougies; 200 environ peuvent être alimentées simultanément par la machine de 20 chevaux; l'éclairage de l'administration et des dortoirs, pendant la nuit, est assuré par 56 accumulateurs de 20 kilogrammes.

Digitized by Google

CHAPITRE VIII

APPLICATIONS DE LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE

Projecteur Bréguet. — Polyscope. — Bijoux lumineux. — Danse serpentine. — Fontaines lumineuses. — Pêche électrique.

Projecteur électrique. — La maison Bréguet construit depuis peu un nouveau projecteur (fig. 85), qui donne d'excellents résultats. Le miroir, en cristal argenté, est taillé sur ses deux faces au moyen de machines spéciales brevetées, qui assurent aux surfaces réfléchissantes une forme rigoureusement paraboloïde. Le cylindre, en tôle d'acier, est fermé à sa partie antérieure par une glace plane, devant laquelle on peut appliquer une porte divergente pour étaler le faisceau. Le miroir, placé à la partie postérieure, est monté dans une calotte métallique, qu'on met en place à l'aide de quatre agrafes.

Le cylindre est muni de deux tourillons, par l'intermédiaire desquels il repose sur des bras fixés à un plateau circulaire. L'un des tourillons porte une roue dentée en contact avec une vis tangente, qu'un volant permet de faire tourner à la main pour donner toutes les inclinaisons que l'on désire au projecteur. La par-

Digitized by Google

Fig. 85. — Projecteur électrique Bréguet.

Digitized by Google

tie inférieure du cylindre est aménagée pour recevoir la lampe électrique.

Un plateau mobile porte les deux bras sur lesquels repose le cylindre. Sous ce plateau sont fixés des balais de prise de courant, en relation avec deux bornes, apparentes sur le plateau, et qui peuvent être mises en communication avec celles de la lampe. Le plateau repose sur des galets et peut prendre toutes les orientations désirées.

Un plateau fixe porte : un chemin de roulement pour les galets précités, deux cercles verticaux isolés, sur lesquels frottent les balais du plateau mobile, un interrupteur et deux bornes d'attache pour les câbles venant de la source. Ce système de prise de courant évite les chances d'extinctions anormales, si souvent signalées sur les projecteurs munis de prises de courant dites à pompes. L'aménagement sur deux plateaux, l'un fixe, l'autre mobile, de toutes les pièces servant à la conduite du courant, rend le projecteur complètement indépendant du socle et facilite les démontages et les visites.

Enfin, un volant manœuvre une vis tangente engrenant avec une roue héliçoïdale, qui fait corps avec le plateau mobile et permet de modifier l'orientation du faisceau par de très légers mouvements.

Le plateau fixe est boulonné sur un socle en tôle mince, disposé pour pouvoir être facilement transporté à bras à l'endroit convenable au moyen de deux barres en fer creux, placées sur le chariot qui sert à transporter l'appareil. Ce socle est formé de quatre parties, assemblées à charnière, qui peuvent se replier pour constituer le tablier du véhicule.

Le projecteur est muni en outre : d'un prisme à

Digitized by Google

réflexion totale avec écran dépoli, sur lequel vient constamment se dessiner l'image du foyer lumineux ; d'un écran à main pour la production de signaux optiques ; d'un prisme à réflexion totale, aménagé dans l'un des tourillons du cylindre pour éclairer un voltmètre installé sur le projecteur.

Le projecteur Bréguet renferme une lampe automa-

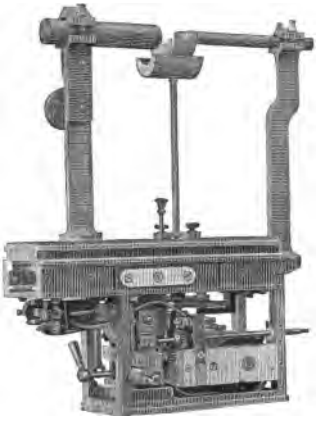

Fig. 86. — Lampe à charbons horizontaux.

tique brevetée, à charbons horizontaux, dont la fixité facilite beaucoup les recherches à opérer (fig. 86). La disposition horizontale accroît en outre la puissance lumineuse ; c'est pourquoi de récents décrets viennent de la rendre réglementaire dans la marine.

Cette lampe ne comprend que des éléments simples et robustes, de sorte que le démontage et le remontage n'exigent aucune précaution spéciale. Elle se compose des organes suivants :

1° Un porte-charbon positif monté sur un chariot à

Digitized by Google

quatre galets, muni de frotteurs prenant le courant sur des rails isolés, et complété par une pince porte-charbon à laquelle un petit volant, à axe excentré, permet de donner une légère inclinaison pour le réglage du charbon ;

2° Un porte-charbon négatif disposé d'une manière analogue au précédent et en communication avec le pôle négatif de la source par des frotteurs et des rails isolés.

Les chariots des deux porte-charbons sont munis de crémaillères engrenant de part et d'autre avec une roue dentée montée sur l'arbre d'un petit moteur électrique ;

3° Un moteur électrique monté en dérivation sur les bornes de la lampe, et qui tend à rapprocher les charbons dès qu'un courant est lancé dans l'induit ;

4° Un barillet portant une denture engrenée dans la crémaillère de l'un des porte-charbons et qui tend à écarter les charbons ;

5° Un relais dont le but est d'envoyer un courant dans le moteur ou de mettre ce moteur en court-circuit, suivant les circonstances.

Lorsque la lampe est reliée aux bornes de la source et que les charbons sont en contact, le courant passe. Dans le cas contraire, le relais attire son armature, qui établit le courant dans le petit moteur. Celui-ci rapproche les charbons jusqu'au contact : le courant passe ; la force électromotrice baisse aux bornes du relais, qui interrompt le courant dans le moteur et permet au barillet d'agir pour écarter les charbons et donner naissance à l'arc.

La force électromotrice remonte alors aux bornes du relais, et l'on comprend qu'un réglage convenable

Digitized by Google

du ressort antagoniste permette de fixer à l'avance le voltage définitif auquel la lampe pourra être réglée. On choisit d'ordinaire 48 volts pour des lampes de 75 à 80 ampères (3000 becs).

Lorsque la lampe est en marche, il s'établit un équilibre entre l'action du ressort du barillet, qui tend à écarter les charbons, et celle du moteur, qui agit pour les rapprocher. Aussi peut-on constater, pendant toute la durée du fonctionnement, un mouvement de va-et-vient des charbons, tout à fait insensible au voltmètre, mais très utile pour s'assurer du bon état de la lampe et de son aptitude à se régler automatiquement.

On peut aussi régler l'écart des charbons à la main ; il suffit de relever une petite poignée, qui fait engrener avec le barillet une vis tangente portée par un arbre, dont l'extrémité sort de la lampe et peut être manœuvrée à la main. Le même mouvement met le petit moteur hors du circuit.

Ce projecteur peut être placé sur un chariot entièrement métallique, monté, par l'intermédiaire de ressorts, sur un essieu muni de deux roues en fer ; la même voiture reçoit les accessoires : pieds de fixation du véhicule, courroies pour attacher le projecteur, voltmètre, boîtes d'outillage et de charbons, etc.

Un second chariot porte l'usine électrique, qui comprend :

1° Un générateur de vapeur, du système Trépardoux, avec tuyauterie, pompe alimentaire, injecteur d'alimentation, etc. ; 2° une turbine à vapeur de Laval associée directement avec une dynamo à anneau Gramme (Voy. TURBO-GÉNÉRATEUR) ; 3° tous les accessoires nécessaires au fonctionnement de cet ensemble. Les deux chariots peuvent se réunir pour for-

Digitized by Google

mer un seul véhicule à quatre roues, qu'on fait traîner par deux chevaux.

Lorsque le projecteur doit être installé dans un poste dangereux, on peut lui adapter un système de commande à distance, qui comprend essentiellement :

1° Un mécanisme logé dans le socle du projecteur et basé sur l'emploi de deux petits moteurs électriques, servant, l'un pour les mouvements d'orientation, l'autre pour les mouvements d'inclinaison ;

2° Un manipulateur de commande à distance, transportable à bras et permettant d'effectuer toutes les manœuvres en appuyant simplement la main sur des boutons poussoirs ;

3° Un câble à sept conducteurs pour relier le projecteur au manipulateur.

Ces additions, si elles sont demandées, augmentent le poids du projecteur et du chariot correspondant, mais ne modifient en rien le chariot porteur du groupe électrogène.

Le miroir parabolique a l'avantage de donner des rayons bien parallèles; la distance focale est plus courte qu'avec les ménisques divergents des appareils Mangin, à égalité d'ouverture. En outre, dans ces derniers, l'épaisseur du miroir devient très forte sur les bords, ce qui augmente beaucoup le poids et donne des irisations nuisibles. Ces deux défauts n'existent pas dans le projecteur Bréguet : le faisceau est entièrement blanc et le miroir, ayant ses deux faces bien parallèles, peut être amené à une très faible épaisseur, par exemple 10 millimètres. On peut ainsi diminuer le poids du miroir et par suite celui du projecteur entier, car, l'appareil devant être équilibré autour de ses tourillons, le poids du cylindre augmente nécessaire-

Digitized by Google

ment avec celui du miroir. Ainsi le projecteur Bréguet de 60 millimètres, complet, pèse 170 kg., tandis que le même modèle, avec miroir Mangin, pèse environ 275 kg.

Polyscope. — Le polyscope de M. Trouvé, modifié, est employé par la Compagnie des forges et chantiers de la Méditerranée pour examiner l'intérieur des canons de tous calibres. La lampe à incandescence A

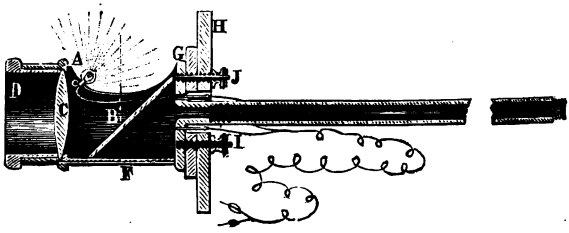

Fig. 87. — Nouveau polyscope Trouvé.

(fig. 87) est placée à la partie supérieure d'un tube cylindrique, garni d'un réflecteur épousant la forme de l'ouverture. A l'aide d'une lentille C, portée par un tube qui glisse à frottement doux dans le premier, on examine l'image donnée par le miroir plan B, monté à 45°; cette image est très nette, même vue à 12 mètres de distance; elle peut d'ailleurs être regardée avec une jumelle ou une petite longue-vue.

Pour pouvoir inspecter commodément les canons de tous calibres avec le même appareil, on fixe, à l'aide des boutons moletés I J, des disques G H, correspondant à ces calibres.

La lampe, de 15 bougies, avec filament en boudin, peut être alimentée 6 à 7 heures par une batterie automatique de 12 éléments. La tige qui porte l'appa-

Digitized by Google

reil se compose de quatre tubes métalliques gradués, de 2,50 m. chacun, qui peuvent se visser au bout l'un

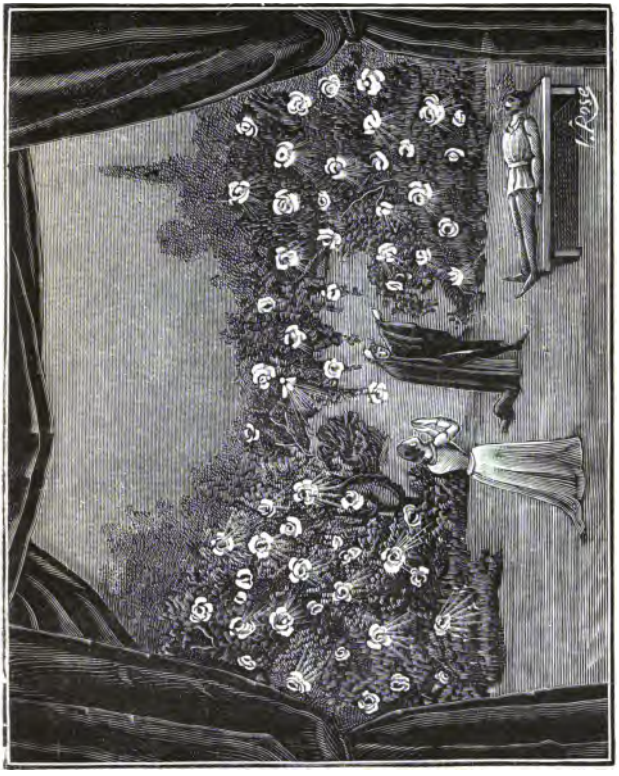

Fig. 88. — Bosquet des roses (Damnation de Faust).

de l'autre; on peut ainsi examiner dans toute leur longueur des canons de 12 mètres sans être obligé de changer de côté. Un volet F, demi-cylindrique, ferme l'ouverture et protège la lampe et le miroir pendant le transport.

Digitized by Google

Bijoux lumineux. — Les bijoux lumineux ont été fréquemment utilisés au théâtre dans ces dernières années. Parmi les applications les plus récentes, nous citerons celles qui ont été faites à Bruxelles, au théâtre des Galeries Saint-Hubert, et à Monte-Carlo, pour la *Damnation de Faust*. A Bruxelles, au moment de l'apothéose, on voyait sortir lentement du plancher un arbre de Noël, de 12 mètres de hauteur, garni de 250 fleurs lumineuses, de toutes les teintes, tandis que jaillissaient deux fontaines lumineuses.

A Monte-Carlo, on a mis à la scène, le 18 février 1893, la *Damnation de Faust*, de Berlioz, qui n'avait été jusqu'alors exécutée qu'en habit noir. La mise en scène était des plus brillantes; les trucs les plus nouveaux avaient été mis en œuvre. Les bijoux lumineux figuraient dans deux ballets; l'un d'eux, le plus important, se trouve à la scène VII, qui représente les bosquets au bord de l'Elbe (fig. 88); on a disposé sur le théâtre 70 roses lumineuses, formées de pétales en papier de couleur, au milieu desquels se dissimule une petite lampe à incandescence, qui les éclaire par transparence.

Les fleurs lumineuses ont contribué aussi à la décoration de la salle de l'Opéra, dans la grande fête russe du 22 octobre 1893. On devait d'abord enguirlander de fleurs lumineuses les trois rangées de loges et la frise; mais, faute de temps, on dut se contenter de deux fleurs par loge.

Danse serpentine. — On a donné ce nom à une danse inaugurée en 1893 par la Loïe Fuller, et dans laquelle le vêtement de la danseuse est éclairé par des lampes électriques, munies de verres de différentes couleurs. Ces danses ont été exhibées successivement

Digitized by Google

aux Folies-Bergère, au Petit Casino et sur un grand nombre de scènes de Paris et de la province. La danseuse, vêtue d'une robe blanche très ample, évolue généralement devant un fond noir ou très sombre. L'éclairage est obtenu, le plus souvent, par des lampes à incandescence munies de réflecteurs paraboliques : chaque réflecteur est monté sur une planche noircie qu'une personne tient facilement de la main gauche, tandis que, de la droite, elle fait tourner devant la source un disque de verre divisé en secteurs de couleurs variées. L'appareil est très portatif, ce qui permet de suivre facilement les mouvements de la danseuse avec le faisceau lumineux. Aux Folies-Bergère, on employait huit lampes; au Petit Casino, l'on se contentait de deux. Dans d'autres théâtres, on s'est servi de lampes à arc, devant lesquelles on faisait passer des verres de couleur. Quelle que soit la disposition employée, la robe de la danseuse paraît teinte à la fois de toutes les nuances de l'arc-en-ciel, et l'on obtient les effets les plus variés, soit par la rotation des verres de couleur, soit par les ondulations communiquées aux plis de la robe ; celle-ci renferme ordinairement deux baguettes soigneusement dissimulées, que la danseuse saisit et relève de temps en temps pour agiter à la fois toute la masse de la jupe.

Un autre dispositif consiste à placer sur la danseuse elle-même les sources de lumière. Ainsi Miss Sita, au Casino de Paris, accompagnait son chant excentrique de pirouettes vertigineuses exécutées au milieu d'un tourbillon de lumière se déplaçant en tous sens. Cet éclairage est produit par 150 foyers lumineux habilement dissimulés et alimentés par une puissance de plus de 7 kilowatts.

Digitized by Google

L'été dernier, au concert des Ambassadeurs, on voyait apparaître la chanteuse Frou-Frou, sautant à la corde; tout à coup, la corde se mettait à lancer des feux de toutes couleurs, faisant comme une auréole autour de l'artiste.

Diamantine, qui représentait au même concert la baronne de Rahden, exécutait avec grâce la haute école sur un coursier de carton qui suait pour ainsi dire l'électricité par tous les pores, se cabrant, roulant des yeux enflammés du rouge le plus vif, tandis que la bouche et les naseaux s'éclairaient vivement. Pour terminer cette exhibition, le fringant coursier faisait un salut de la tête en fléchissant les jarrets et, se retournant brusquement, montrait au public qu'il n'avait pas que la tête d'éclairée. Ces effets intéressants sont dus à M. Trouvé.

Fontaines lumineuses. — Le succès des fontaines lumineuses, consacré par l'Exposition de 1889, ne s'est pas affaibli depuis cette époque; aussi ont-elles contribué encore à la décoration de l'Exposition colombienne.

M. Trouvé a construit une fontaine monumentale (fig. 89) pour Craig-y-Nos Castle, résidence, au pays de Galles, de la célèbre cantatrice, Mme Patti-Nicolini. Cette fontaine, placée au milieu du jardin d'hiver, pèse environ 10 000 kilogrammes et son bassin mesure 6 mètres de diamètre. L'eau sous pression est fournie par le grand réservoir qui alimente la serre; elle arrive dans un certain nombre de chambres, fermées par des glaces horizontales, et munies d'ajutages à la partie supérieure; au-dessous de chaque chambre se trouve une lampe à incandescence, placée au foyer d'un réflecteur parabolique à axe ver-

Digitized by Google

tical. Les changements de couleurs sont produits automatiquement: l'eau, en retombant, fait mouvoir une petite roue à augets, qui fait tourner en sens contraire

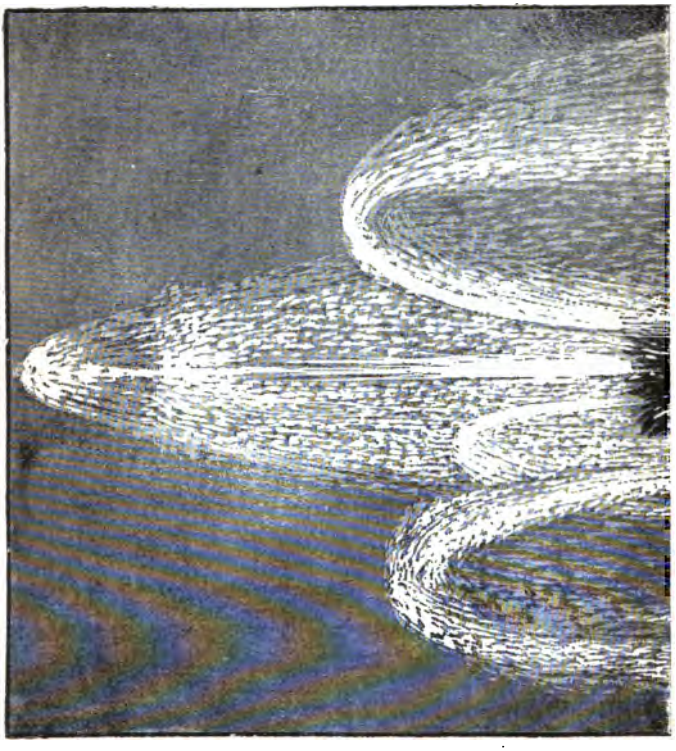

Fig. 89. — Fontaine lumineuse de Craig-y-Nos Castle.

deux disques de verres colorés placés entre les chambres à eau et les lampes.

Les lampes, de 110 volts, sont au nombre de 4 et consomment chacune 6 ampères ; la puissance dé-

Digitized by Google

pensée est de 2640 watts, ce qui fait, à raison de 3 watts par bougie, une intensité lumineuse de plus de 800 bougies.

On construit sur le même principe de petites fontaines d'appartement.

Pêche électrique. — M. Trouvé a proposé récemment un procédé de pêche dans lequel la lumière électrique peut jouer un rôle utile, et qui permettrait, d'après l'auteur, de prendre plus de poisson et de ne pas détruire les œufs. La ralingue supérieure du filet est constituée par un conduit en caoutchouc vulcanisé et aplati, relié par un tuyau souple avec un réservoir d'air comprimé ou avec une pompe. On laisse tomber le filet, on attire le poisson par divers appâts ou par des lampes électriques et on insuffle l'air comprimé dans la ralingue, qui s'élève en ramenant le filet.

Digitized by Google

CHAPITRE IX

L'ÉLECTRICITÉ SOURCE DE CHALEUR

Creuset électrique. — Fabrication industrielle du phosphore. — Appareils de chauffage et de cuisine. — Allume-cigares. — Forgeage. — Soudure électro-hydrothermique.

Creuset électrique. — M. Moissan s'est servi en 1893 d'un creuset électrique pour obtenir la haute température nécessaire à la production artificielle du diamant. Ce four, modifié ensuite avec la collaboration de M. Violle, se compose sous cette dernière forme d'une enceinte cylindrique en charbon aggloméré, logée à l'intérieur d'un bloc de pierre de Courson et séparée de la pierre par une couche d'air. Cette disposition est nécessitée par la haute température obtenue, qui fondrait la chaux; elle soustrait autant que possible l'arc au refroidissement extérieur. Les deux cylindres de charbon aggloméré servant d'électrodes sont disposés horizontalement; ils traversent deux trous opposés pratiqués dans le creuset et reçoivent le courant par de forts manchons en cuivre rouge, armés de mâchoires entre lesquelles on écrase les extrémités du câble dynamo-électrique.

Il résulterait des recherches de M. Violle que, dans l'arc électrique, le charbon est porté à sa température

Digitized by Google

d'ébullition et distille ainsi de l'électrode positive à la négative. Ce phénomène est attesté par la constance de l'éclat et de la température, ainsi que par toutes les circonstances qui caractérisent l'ébullition normale. Cet éclat est indépendant de la puissance du courant. On a donc « entre les deux charbons un flux de vapeur semblable au flux qui se produit au-dessus d'un vase dans lequel on fait bouillir de l'eau, avec cette différence toutefois que, tandis que l'eau bout à 100°, le charbon bout à 3500°. La condensation de la vapeur de charbon sous l'influence des causes de refroidissement extérieur se produisant à faible distance, l'arc est limité brusquement par une surface nette, qui lui donne la forme d'un œuf, à l'intérieur duquel la température diffère peu de celle du charbon positif. »

M. Violle a mesuré la température obtenue en laissant tomber dans un calorimètre un petit morceau du charbon formant l'extrémité de l'électrode positive. Il a trouvé environ 3500°.

Ce four électrique a été utilisé par M. Moissan pour la reproduction du diamant ; il peut servir aussi à préparer un certain nombre de métaux réfractaires et à obtenir la cristallisation des différents oxydes. Le platine y entre en ébullition et distille. Les oxydes de manganèse et de chrome sont réduits en quelques minutes par le charbon. Les oxydes d'uranium, qui étaient jusqu'ici irréductibles par le charbon, produisent un carbure métallique, qu'il est possible d'affiner ensuite par une nouvelle fusion en présence d'un excès d'oxyde. Du cristal de roche, placé au milieu du creuset, est complètement réduit en vapeurs, qu'on peut laisser échapper par une ouverture placée à la partie supérieure et condenser dans une cloche de verre.

Digitized by Google

La figure 90 représente un creuset destiné aux recherches et aux essais de laboratoire. Les charbons sont obliques et mobiles dans leurs montures métal-

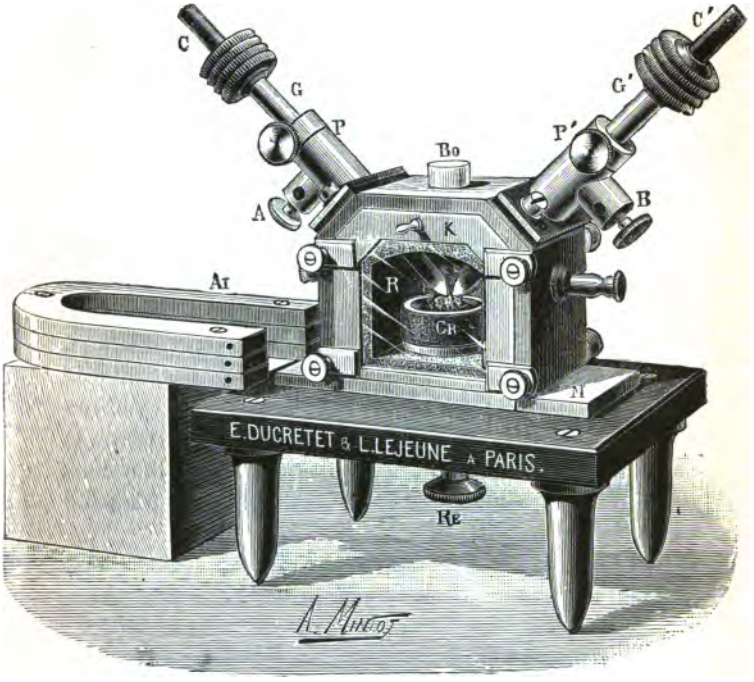

Fig. 90. — Creuset électrique avec aimant directeur.

liques GG', de sorte qu'on peut facilement les amener au contact ou les séparer. Le creuset CR est mobile et enfermé dans un espace clos à parois réfractaires. Des conduits sont ménagés pour l'introduction des matières à traiter et pour la circulation des gaz. Des

Digitized by Google

ouvertures garnies de mica permettent d'observer les phénomènes de fusion et de réduction, ainsi que l'a fait M. Troost pour le zirconium et le thorium.

Le creuset mobile CR se déplace de l'extérieur, la sole sur laquelle il est posé étant commandée par la tige RE; ce creuset est en charbon ou en chaux, etc., suivant les matières à traiter. Un aimant directeur Ai, placé près de l'appareil, transforme l'arc en une flamme allongée, formant un véritable chalumeau électrique, qu'on peut ainsi diriger au-dessus de la matière contenue dans le creuset.

Un courant de 12 ampères et 55 volts permet d'obtenir la réduction d'oxydes et la fusion des métaux les plus réfractaires en quantité suffisante pour leur analyse chimique ou spectrale. Le tungstène, le titane, le chrome, le manganèse, l'uranium, etc., peuvent être obtenus dans ce creuset. MM. Joly et Vèzes ont pu amener ainsi à l'état métallique, sans oxydation, le ruthénium et l'osmium, en les soumettant en vase clos, en présence de gaz convenables, à la température élevée de l'arc.

Fabrication électrique du phosphore. — MM. Readman et Parker ont essayé de préparer le phosphore par l'électricité dans une usine située près de Milton. On éprouva d'abord une certaine difficulté à répartir uniformément la température, et le fer, l'aluminium, le calcium se combinaient avec le phosphore et le silicium. On a obtenu de meilleurs résultats dans une nouvelle installation, faite à Wolverhampton. Le four électrique employé a 0,75 m² de surface; les matières à traiter, mélangées dans les proportions convenables, sont introduites par la partie supérieure, au moyen d'une vis d'alimentation. Le courant alternatif, fourni

Digitized by Google

par une machine Elwell-Parker, de 400 kilowatts, est amené par des tubes de fonte. Les gaz produits traversent deux grands condenseurs en cuivre, renfermant le premier de l'eau chaude, le second de l'eau froide; ils y laissent le phosphore et s'échappent ensuite dans l'atmosphère.

Le rendement en phosphore serait de 86 p. 100, le

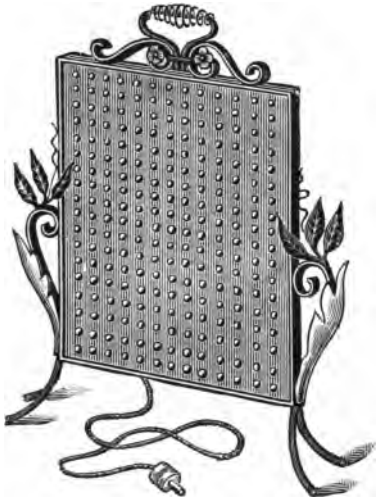

Fig. 91. — Radiateur électrique.

reste passant presque entièrement à l'état de phosphure de fer. Le produit est presque pur et n'exige qu'un raffinage facile. Chaque fourneau donne 65 kilog. de phosphore par jour. La Compagnie aurait l'intention d'élever sa production annuelle jusqu'à 1000 tonnes, soit la moitié de la consommation totale du globe.

Chauffage et cuisine électriques. — Les nouveaux

Digitized by Google

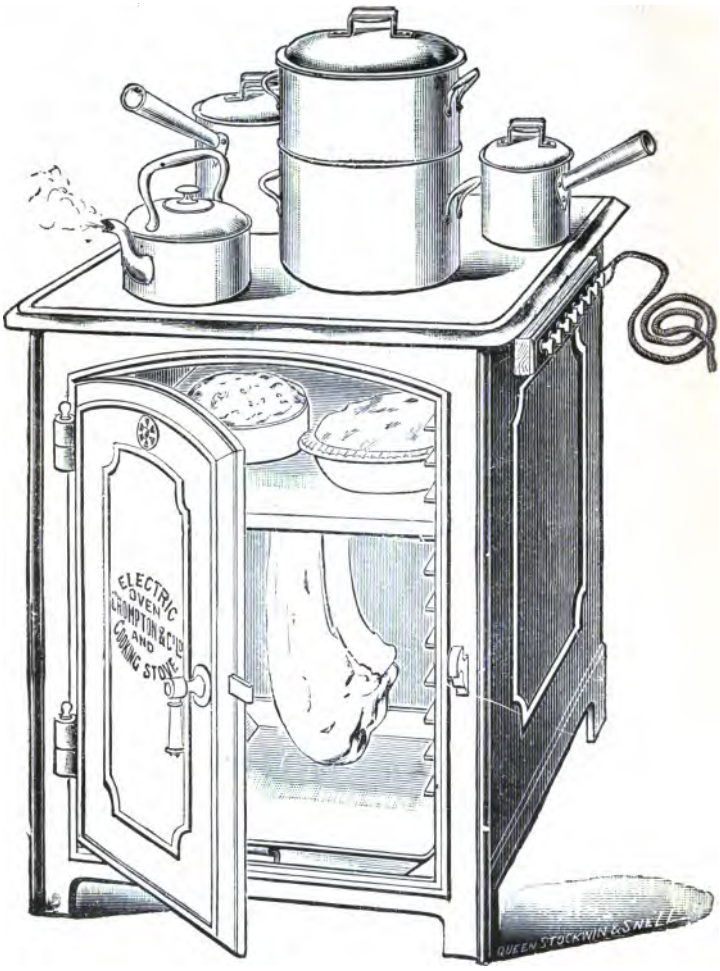

Fig. 92. — Four électrique.

Digitized by Google

appareils de chauffage et de cuisine Crompton and C° présentent des dispositions intéressantes. Une couche d'un émail très dur est appliquée sur la plaque de tôle qui doit former la surface chauffante et les fils conducteurs sont étendus sur cette couche; on ajoute ensuite une couche d'un second émail moins dur, puis une autre couche du premier. Les fils sont en ferronickel; ils sont placés mécaniquement, de sorte que l'application des dernières couches d'émail ne risque pas de les déranger.

La figure 91 représente un radiateur, en forme d'écran, destiné au chauffage des appartements et donnant une température de 240°. Il peut être placé en un point quelconque d'une chambre et servir en même temps à protéger contre les courants d'air.

Le four électrique (fig. 92) est une caisse dont les six faces sont formées par des tôles de fer portant toutes, sauf la porte, un réseau de fils conducteurs. Cinq commutateurs, placés à l'extérieur, permettent de régler la chaleur et de la répartir aux points voulus. La température peut atteindre 180°. Lorsque le four est chaud, ce qui demande seulement quelques minutes, il peut être abandonné à lui-même pendant plus de deux heures sans se refroidir notablement.

Le gril est divisé en sections, qui peuvent être chauffées isolément, suivant les besoins de la cuisine.

L'un des deux appareils (fig. 93) est une bouillotte très commode; elle se place sur un réchaud qui peut aussi, lorsqu'on l'enlève, servir pour d'autres usages. L'autre est un fer à repasser qui peut être utilisé après avoir été soumis à l'action du courant pendant deux minutes. Ce fer est généralement muni d'un petit bouton à l'arrière, de sorte qu'en le posant sur la face

Digitized by Google

arrière, comme il est d'usage, le courant soit en grande

Fig. 93. Bouillotte et fer à repasser électriques.

partie supprimé, et ne garde qu'une intensité suffisante pour maintenir l'appareil chaud. Ce fer prend

Digitized by Google

de 2,5 à 3 ampères, ce qui coûte généralement un peu plus de 15 centimes par heure.

Pour porter à l'ébullition l'eau d'une théière, la dépense n'atteint pas 5 centimes; mais l'opération ne serait pas avantageuse avec une grande quantité de liquide. Les fers à souder prennent 1,5 ampère et coûtent environ 7 centimes l'heure. Les chauffe-fers à friser et les autres appareils analogues ne consomment presque rien, car ils s'échauffent très vite et ne servent que quelques minutes.

Dans les fourneaux à charbon ou à gaz, on perd une partie notable de la chaleur produite ; dans les fourneaux électriques, il n'y a aucune perte, l'appareil pouvant être complètement clos. C'est ce qui permet à l'électricité, malgré son prix de revient plus élevé, de lutter avec les autres modes de chauffage. Les autres avantages sont : facilité de réglage, suppression des odeurs, des cendres, de la fumée; propreté irréprochable, économie de temps et de place, suppression de la chaleur dans la cuisine, etc.

Le propriétaire d'une grande lingerie de Lauter, en Saxe, a appliqué dans son établissement l'électricité au chauffage d'une soixantaine de fers à repasser.

Une dynamo de 40 chevaux fournit le courant à ces fers, aux lampes à incandescence, aux moteurs des turbines, des lessiveuses, des calandres, etc. Chaque repasseuse peut arrêter et rétablir le courant à volonté.

Le noyau des fers à repasser est formé d'une semelle d'amiante entourée de fil de platine rendu incandescent par le courant. L'avantage est qu'on ne dépense pas de combustible pour les fers hors de service.

Digitized by Google

Le chauffage électrique a été encore appliqué récemment à d'autres usages. M. Samuel Natting a songé à utiliser la chaleur développée par le courant pour maintenir un matelas à une douce température (matelas électro-thermogénique). L'appareil se compose d'un matelas ordinaire renfermant à l'intérieur, entre deux toiles d'amiante, une série de fils de maillechort repliés en zigzag et fixés par des cordes d'amiante. Un conducteur flexible sert à relier ce matelas avec la prise de courant. Le même système pourrait s'appliquer à une couverture.

Enfin, dans une séance assez récente de la *Royal Society*, de Londres, un autre inventeur aurait montré un *cataplasme électrique*, chauffé par un procédé analogue. Dans ce cas, le malade est nécessairement condamné à l'immobilité.

Allume-cigares électrique. — Cet appareil emprunte le courant à une distribution d'énergie électrique. Il se compose essentiellement d'un fil de platine, de platine iridié ou de platinoïde, disposé sur une lame de mica ou sur une couche d'amiante : ce dispositif est placé à l'extrémité d'une poignée cylindrique qu'on suspend à un crochet, comme un téléphone, ou au sommet d'un support en forme de flambeau, qu'on pose sur un piédestal. Il suffit de décrocher la poignée ou de soulever le support pour établir le courant.

Cet appareil consomme environ 100 watts et, comme l'allumage ne dure pas plus de 10 secondes, un hectowattheure, qui coûte généralement 10 centimes, peut fournir au moins 400 allumages; une boîte de 50 allumettes coûtant le même prix, chaque allumage revient au moins 8 fois plus cher, en supposant que toutes

Digitized by Google

les allumettes de la boîte soient bonnes, hypothèse peu vraisemblable.

Forgeage électrique. — Cette application se rapproche de la soudure électrique. Le procédé de M. Burton consiste à soumettre les pièces à un courant puissant, qui les porte à une température telle qu'on puisse facilement les forger et leur faire subir une série de transformations au moyen d'outils spéciaux.

L'*Electrical Forging C°*, de Boston, emploie pour cet usage des courants alternatifs de grande intensité et de faible tension; ces courants sont obtenus à l'aide de transformateurs de 50 kilowatts; dans l'un des modèles, la différence de potentiel aux bornes de la bobine secondaire ne dépasse pas 5 volts et l'intensité peut atteindre 8000 ampères; dans un autre, on peut avoir jusqu'à 12000 ampères.

On relie le transformateur par de grosses barres de cuivre avec les mâchoires isolées qui soutiennent la pièce à forger.

Une barre d'acier carrée, de 25 centimètres de côté et 30 centimètres de longueur, est portée au rouge blanc en deux minutes et demie, en absorbant 27 kilowatts. Une barre ronde, en acier à outils, de 22 centimètres de longueur, peut être amenée à une température convenable en une minute, avec une dépense de 24 kilowatts. On peut admettre que, avec toutes les transformations, le kilowattheure exige 2,7 kilogrammes de charbon; avec cette évaluation, il faut, dans ce dernier exemple, dépenser 1 kilogramme de charbon.

Le forgeage électrique se recommande par la rapidité du chauffage, l'absence de gaz surchauffés pouvant attaquer le métal, la régularité de la température et

Digitized by Google

la facilité avec laquelle on peut la maintenir fixe.

Soudure électro-hydrothermique. — La Société belge l'*Électrique* a présenté à l'exposition d'Anvers un procédé très original de soudure et de forgeage électrique, imaginé par MM. Lagrange et Hoho. La barre métallique qu'on veut forger est placée comme cathode dans un liquide électrolytique. Il se forme autour de cette barre une gaine gazeuse ordinairement constituée par de l'hydrogène, qui présente une grande résistance et acquiert bientôt une température élevée : la chaleur ainsi développée se transmet à la barre et la porte à l'incandescence. Si l'on veut ensuite tremper le métal, il suffit d'interrompre le courant : l'électrolyse s'arrête et la barre se trouve en contact avec le liquide froid.

L'anode doit être de grandes dimensions; elle peut être faite en plomb de 2 ou 3 millimètres d'épaisseur. La composition du bain peut varier, car il doit être d'autant plus conducteur qu'on emploie une force électromotrice plus faible. Pour des potentiels peu élevés (100 à 200 volts), on peut employer une solution de carbonate de potassium dans 5 fois environ son poids d'eau ordinaire. Au-dessus de 250 volts, il faut rendre le bain moins conducteur. Il est bon de porter le bain à 50 ou 70° centigrades, à moins qu'on ne se propose de tremper le métal. Cet appareil ne nécessite aucun matériel spécial : il suffit d'avoir quelques pinces ou tenailles pour saisir les pièces portatives et y amener le courant.

Digitized by Google

CHAPITRE X

L'ÉTINCELLE ÉLECTRIQUE

Exploseur électrique Manet. — Ozonateurs ; fabrication industrielle.

Exploseur électrique. — Les appareils de MM. Manet frères pour l'explosion des mines, fabriqués par la maison Gaupillat et Cie, comprennent un exploseur et une amorce électrique *de quantité*, c'est-à-dire produisant l'inflammation par l'incandescence d'un fil métallique ; le dispositif de ces appareils paraît constituer un progrès très sensible.

L'exploseur (fig. 94) se compose d'un petit alternateur tétrapolaire, à excitation indépendante. On tourne la manivelle qu'on voit en avant avec une vitesse croissante ; lorsqu'on a atteint la valeur voulue, les deux circuits se ferment pendant un instant et l'amorce est portée au rouge.

Les pièces destinées à la fermeture des circuits et à la distribution des courants se trouvent sur le plateau supérieur de l'appareil. La roue G, qu'on voit en arrière de la figure 94, porte deux masses à râteaux A et A′ (fig. 95) qui commandent un pignon B, calé à l'extrémité de la tige D ; celle-ci porte, sur une partie de sa longueur, une rainure héliçoïdale, dans

Digitized by Google

laquelle s'engage la pointe de la vis I, fixée au manchon E, qui est mobile sur l'arbre H.

L'axe de la machine porte deux anneaux de même

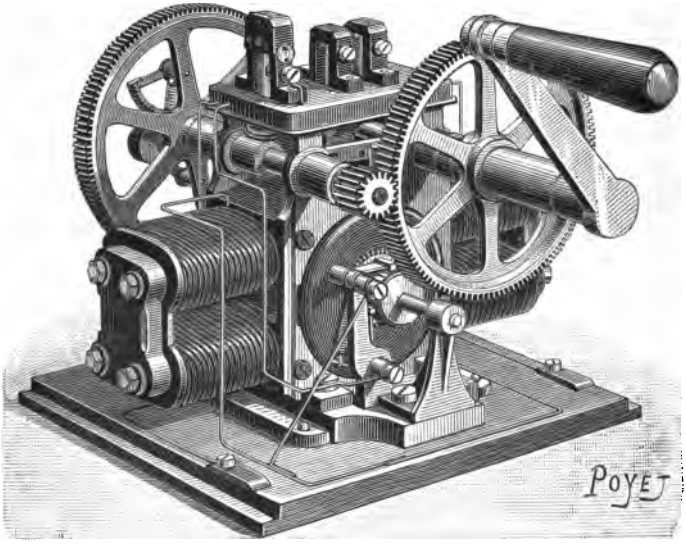

Fig. 94. — Exploseur Manet.

diamètre, qui tournent entre les quatre pièces polaires communes. L'un de ces anneaux A (fig. 96) fournit le courant inducteur, qui est continu ; il est muni d'un collecteur L, genre Gramme, à 60 sections. Le second anneau, que nous appellerons A', porte un collecteur donnant des courants alternatifs, qui servent à l'inflammation des amorces.

Lorsqu'on tourne la manivelle motrice (fig. 94) avec une vitesse croissante, on n'éprouve d'abord qu'une

Digitized by Google

faible résistance, car, les circuits étant ouverts, la machine ne produit aucun courant. Quand la vitesse devient suffisante, les masses A et A′ (fig. 95) s'écartent de leur position sous l'influence de la force centrifuge, malgré le ressort antagoniste C, et mettent en rotation le pignon B et l'arbre intérieur D; la vis I se

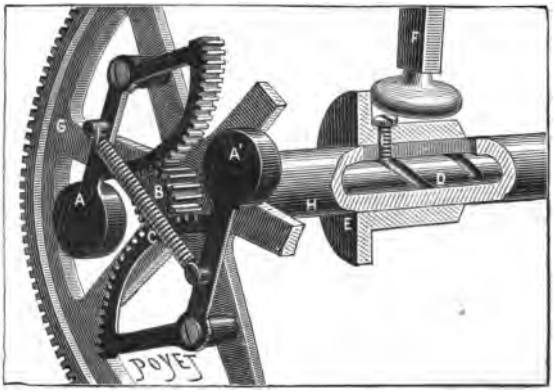

Fig. 95. — Mécanisme produisant la fermeture automatique et simultanée des deux circuits.

meut dans le sillon héliçoïdal ; le manchon E se déplace en ligne droite, vient toucher le galet du levier-pendule F et l'entraîne avec lui. Lorsque l'appareil a atteint la vitesse voulue, qu'on a réglée d'avance au moyen du ressort antagoniste C, le levier F vient toucher le contact N (fig. 96), placé sur l'un des ponts B″ du plateau supérieur, et ce contact ferme le circuit de l'induit sur les inducteurs *ee*.

Par suite de la résistance due à la fermeture du circuit, la vitesse de rotation est fortement diminuée,

Digitized by Google

les masses A et A′ se rapprochent de leur position de repos, et le contact des pièces F et N est rompu. Pour éviter qu'il se produise à ce moment une étincelle d'extra-courant, la pièce polaire supérieure nord G (fig. 96)

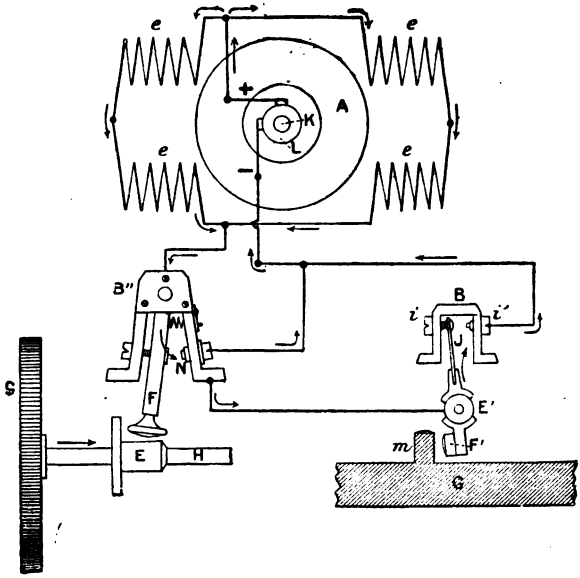

Fig. 96. — Schéma du circuit inducteur.

porte une saillie *m*, qui s'aimante avec elle, attire la petite armature F′, et établit ainsi le contact du ressort J avec la vis *i*′ ; ce second contact, qui ferme en double le circuit inducteur, reste établi jusqu'à l'arrêt complet de la machine.

Le circuit induit se ferme par un dispositif identique à celui que nous venons de décrire, et qui est installé sur la pièce polaire sud ; les courants alternatifs

Digitized by Google

sont recueillis par deux bagues et deux frotteurs.

Malgré la complication apparente de cet exploseur, un petit nombre seulement de pièces mécaniques servent à obtenir les effets voulus ; en outre, le fonctionnement est automatique ; ce sont là de précieuses qualités.

Avec cet exploseur, on doit employer nécessairement les amorces des mêmes inventeurs. Ces amorces sont robustes et ne craignent pas les dérangements pendant le transport ; elles se composent d'un fil rectiligne en platine, de 9 mm. de longueur et de 1/20 mm. de diamètre. Ce fil est monté sur un petit support en bois et maintenu aux extrémités par deux petites vis, qui reçoivent en outre les conducteurs amenant le courant ; ce système est enfermé dans un petit tube de 6 mm. de diamètre rempli de poudre d'inflammation, maintenue par un petit bouchon garni de baudruche.

Pour enflammer plusieurs amorces, on les monte en tension ; on peut en enflammer 20 à la fois, avec une résistance de 20 à 30 ohms dans le circuit. En supposant que le rendement ne dépasse pas 33 p. 100, on peut estimer la puissance utile de l'exploseur pendant l'inflammation à 90 watts.

Ozonateurs. — Nous signalerons plusieurs appareils de M. Seguy pour la préparation de l'ozone. Le premier est alimenté par une simple machine électrostatique de laboratoire. Une boîte A (fig. 97) renferme une olive en verre B, munie de deux bras fermés par deux bouchons. Ces bouchons sont traversés par les électrodes, que terminent des boutons sphériques inégaux CD. On fait passer par les tubulures HI le courant de gaz à ozoniser, et l'on place les tiges de l'excitateur à un centimètre environ des boutons extérieurs EF ; enfin on règle, en regardant par l'embouchure G dans la

Digitized by Google

chambre noire, l'écart des boutons CD pour avoir une production continue d'effluves. Il convient de relier le bouton C, qui est le plus gros, au pôle négatif, pour obtenir tout l'effet de l'appareil.

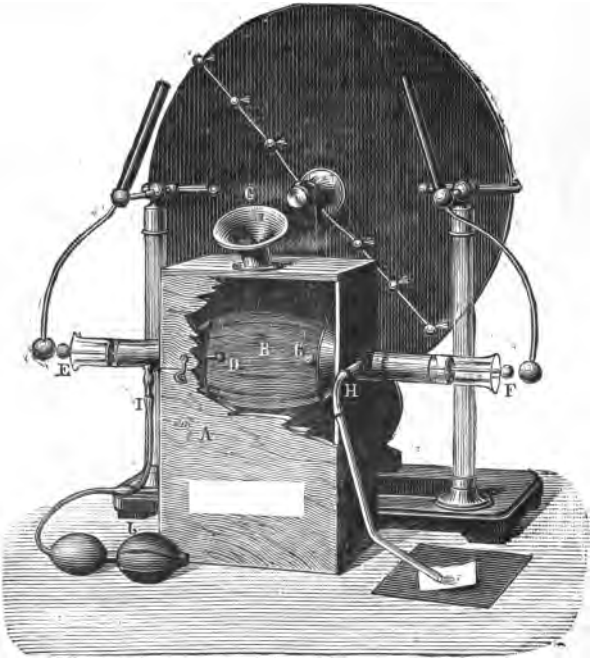

Fig. 97. — Ozonateur Seguy.

La machine électrostatique qu'on voit en arrière est du genre Wimshurst, mais dépourvue de secteurs en étain.

La figure 98 montre un appareil beaucoup plus important, destiné aux applications cliniques ou aux

Digitized by Google

recherches de laboratoires, et qui est employé dans plusieurs grands établissements. Le courant d'une

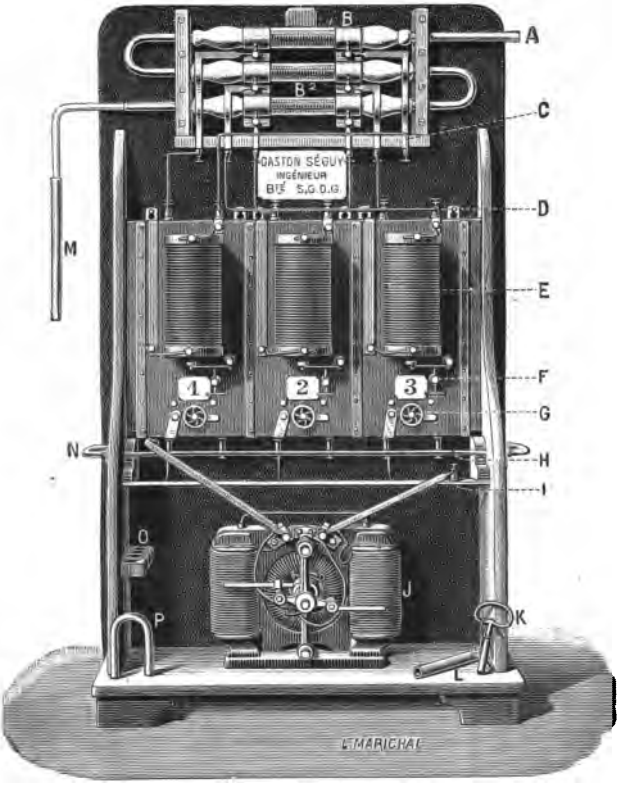

Fig. 98. — Générateur tubulaire sursaturateur à ozone Seguy.

dynamo J, à enroulements spéciaux, alimente trois bobines d'induction E, munies de marteaux oscillants F, à platine renforcé. Trois roues commutatrices G

Digitized by Google

mettent les bobines en communication avec les barres HI, qui représentent les deux pôles de la machine.

Le courant secondaire des bobines est conduit, par les barres CD, munies de bornes, aux trois tubes BB², renfermant chacune sept tubes, dans lesquels jaillit l'effluve électrique. Le courant d'air ou d'oxygène

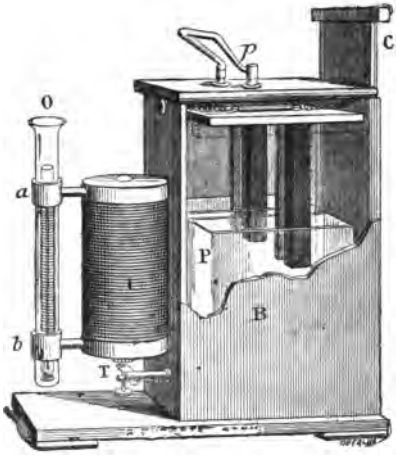

Fig. 99. — Petit appareil ozonogène Seguy.

entre par M et sort, chargé d'ozone, par A. Tout l'appareil est fixé sur un grand panneau de bois, qu'on peut transporter par les poignées N.

L'appareil (fig. 99) est spécialement destiné à la thérapeutique et à la désinfection. Il se compose d'une boîte d'acajou contenant deux éléments au bichromate; à l'extérieur se trouvent une bobine de Ruhmkorff et un tube ozogène à effluve.

Fabrication industrielle. — L'ozone commence à

Digitized by Google

devenir l'objet d'une véritable fabrication industrielle ; c'est ainsi qu'une usine destinée à cette préparation a été installée à Marseilles (Illinois), comme annexe de l'*American Ozone Water C°* ; le gaz qu'elle produit sert à ozoniser des eaux de table et des eaux minérales gazeuses. Les deux usines sont cependant complètement distinctes et réunies seulement par un tuyau destiné au passage de l'ozone.

Le procédé employé est celui de M. Fahrig, qui consiste à fabriquer l'oxygène par le bioxyde de manganèse et l'hydrate de soude et de chaux et à le soumettre ensuite à l'action des décharges électriques. Un fourneau en briques renferme 8 tubes couplés en série et dont le premier est relié avec un ventilateur faisant 4000 tours par minute et insufflant de l'air à la pression initiale de 25 centimètres d'eau ; ces tubes reçoivent le mélange de peroxyde de manganèse et d'hydrate de soude et de chaux, qu'on porte ainsi à 250°. On fait alors, au moyen du ventilateur, arriver un courant d'air qui transforme le bioxyde en manganate, tandis que l'azote s'échappe par un tube laissé ouvert. Après 10 ou 15 minutes d'oxydation, on arrête le courant d'air, on porte la température à 400° et l'on fait arriver un courant de vapeur d'eau, en reliant le système de tubes avec une chaudière.

Le manganate se décompose et l'oxygène, entraîné par la vapeur, traverse deux laveurs, où celle-ci se condense, et arrive refroidi dans un réservoir où il s'accumule.

Les laveurs se composent de deux tonneaux, traversés par un courant d'eau froide sous pression, qui les maintient toujours à moitié remplis. Le réservoir est un cylindre également parcouru par un courant d'eau ; il est muni d'un tube de niveau et d'un manomètre.

Digitized by Google

Lorsqu'on a ainsi obtenu 300 à 400 litres d'oxygène pur, le mélange primitif d'oxyde de manganèse et d'hydrate de soude et de chaux est régénéré ; on peut recommencer une série d'opérations analogues, jusqu'à ce que le réservoir renferme une masse de gaz suffisante. On produit alors une pression convenable dans le réservoir en augmentant le volume de l'eau, de façon à chasser le gaz à travers les ozonateurs.

Ces appareils sont alimentés par des transformateurs qui forment, avec eux, la partie la plus intéressante de l'installation. Chaque transformateur comprend un noyau de fils de fer fins, entouré par un circuit primaire composé d'une seule couche de gros fil ; le circuit secondaire se compose de 50 bobines de fil fin montées en tension ; il contient 9 kg. de fil. Cet appareil est placé dans une boîte en bois, garnie de verre à l'intérieur et fermée hermétiquement. Ces transformateurs produisent une force électromotrice de 40 000 volts : ils sont actionnés par un alternateur donnant 50 volts et 112 ampères, avec excitation séparée. Un tableau de distribution sert à établir les contacts et à régler la force électromotrice. Au sortir des transformateurs, les fils secondaires sont renfermés dans des tubes de verre garnis de caoutchouc ; ils se rendent ainsi à l'ozonateur, dans lequel ils pénètrent aussi par des tubes de verre.

L'ozonateur se compose de morceaux de verre de 6 millimètres d'épaisseur et de tubes de 6 millimètres de diamètre, alternativement superposés. Les tubes sont fermés à un bout et renferment un fil d'aluminium ; il y a en outre deux plaques de verre recouvertes également d'aluminium. La distance entre les feuilles et les fils d'aluminium doit être bien cons-

Digitized by Google

tante ; le métal doit être très pur. Les tubes de verre doivent être bien uniformes et de bonne qualité. Avant de mettre un ozonateur en service, on lave soigneusement les fils et les feuilles à l'acide nitrique, à l'eau froide, puis à l'alcool méthylique, et on les vernit enfin à la gomme laque.

L'usine de Marseilles comprend trois ozonateurs, dont les deux premiers sont reliés en quantité entre eux et en tension avec le troisième. Ils sont suivis d'un appareil pour l'ozonisation des liqueurs alcooliques et de récipients destinés aux expériences sur d'autres liquides.

L'ozone semble appelé en outre à jouer un rôle important dans le blanchiment.

Digitized by Google

CHAPITRE XI

LES INDUSTRIES ÉLECTROCHIMIQUES.

Voltamètre à grand débit. — Fabrication électrolytique du chlore, de la céruse. — Epuration de l'eau. — Traitement du vin. — Blanchiment. — Désinfection : des navires, des villes et des maisons (procédé Hermite); procédé Webster. Extraction et blanchiment de la fécule. — Électrométallurgie : extraction de l'aluminium, du chrome, des métaux précieux. — Électrochimie : dépôt de cobalt, de palladium, d'aluminium.

Voltamètre à grand débit. — Cet appareil, construit d'après les indications du commandant Renard, sert à préparer les gaz oxygène et hydrogène en grande quantité. Il est formé d'un vase V en fonte de fer (fig. 100), servant d'électrode négative; l'électrode positive est un cylindre en tôle de fer ou de nickel perforée; elle est séparée de la première par un vase poreux, muni d'un siphon S. Le liquide employé est une solution alcaline au maximum de conductibilité, formée de

Eau distillée.....	1000 grammes.
Soude à la chaux.....	150 —

Avant de se rendre aux deux gazomètres, les gaz traversent un *compensateur hydraulique*, formé des deux flacons HO.

Avec un courant de 25 à 30 ampères sous 3 volts,

Digitized by Google

on obtient 6 litres d'oxygène et 12 d'hydrogène à l'heure.

Pour préparer de grandes quantités de gaz, le com-

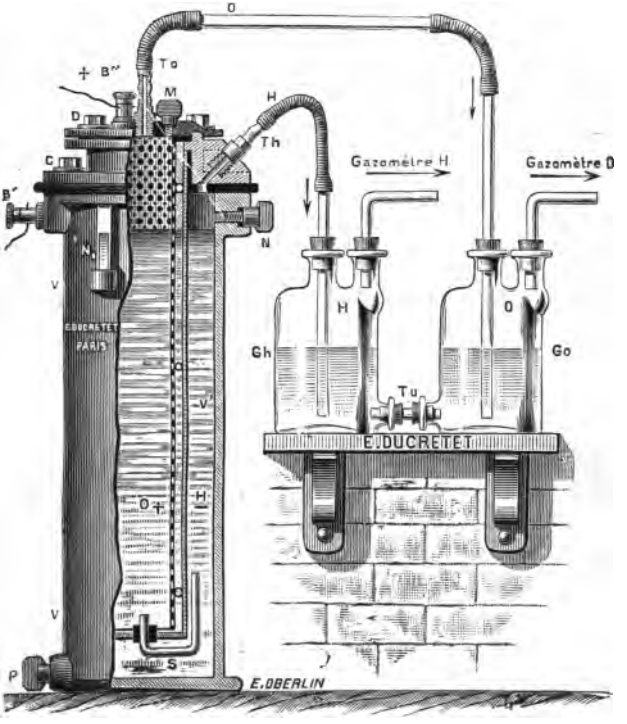

Fig. 100. — Voltamètre à grand débit.

mandant Renard s'est servi d'un tube en tôle de 3 mètres de longueur sur 30 centimètres de diamètre. Les deux électrodes sont séparées par une toile d'amiante. Cet appareil nécessite un courant de 365 ampères et donne

Digitized by Google

par heure 158 litres d'hydrogène et 79 d'oxygène. En comptant l'amortissement des appareils, chaque gaz revient ainsi à 30 ou 35 centimes le mètre cube.

Fabrication électrolytique du chlore. — Nous indiquons plus loin (1) des méthodes permettant d'obtenir des liquides désinfectants et décolorants. On peut préparer d'une manière analogue du chlore gazeux, susceptible d'être employé soit pour la fabrication du chlorure de chaux, soit pour l'extraction du brome et de l'iode.

Quand on électrolyse une solution concentrée de sel marin, le chlorure est seul décomposé, tandis que l'eau l'est en même temps si le liquide est étendu. Le chlore se rend à l'électrode positive ; le sodium va à l'autre pôle et décompose l'eau avec dégagement d'hydrogène.

Pour recueillir le chlore, il faut empêcher la soude ainsi produite d'arriver par diffusion jusqu'au voisinage de l'anode, car il se produirait de l'hypochlorite de sodium. Dans ce but, on sépare les deux électrodes par une cloison poreuse et l'on élimine la soude, à mesure qu'elle se forme, en faisant arriver près de la cathode un courant d'anhydride carbonique qui produit du bicarbonate de sodium : ce sel, qui est presque insoluble dans la dissolution concentrée de sel marin, se précipite.

M. Fogh emploie une cuve fermée par un couvercle et divisée en deux parties par une cloison d'amiante. L'anode est en charbon de cornue, la cathode en fer ; la dissolution de sel marin est maintenue saturée.

(1) Voy. DÉSINFECTION.

Digitized by Google

L'opération est continue. Le chlore, presque pur, s'échappe par un tube fixé sur le couvercle.

L'électrolyse du sel marin est aussi employée depuis peu de temps à Londres, au Phœnix Warf, Church Road, Battersea, pour préparer à la fois le chlore et la soude. Ce procédé, dû à M. Greenwood, se distingue de ceux qui avaient été essayés inutilement jusqu'à présent par l'emploi de cloisons poreuses séparant les deux électrodes et formées de pièces d'ardoise en forme de V, empilées les unes sur les autres et séparées par de l'amiante tassée. Les cathodes sont en fer, les anodes en métal recouvert de plaques de charbon rendues imperméables et inattaquables par le chlore naissant.

La Compagnie Phœnix se sert d'une batterie de 5 grands récipients, montés en tension et renfermant chacun 5 anodes et 6 cathodes groupées en quantité : les 50 compartiments formés par les anodes sont reliés en série par des tubes en vulcanite ou en fer émaillé, permettant au liquide de circuler dans toute la longueur de l'appareil. A l'extrémité du récipient, ce liquide est puisé par une pompe et refoulé dans des bacs pour être traité de nouveau.

Les compartiments des cathodes sont réunis de même, et le liquide est refoulé dans des bacs où la soude est concentrée et débarrassée du sel dissous par refroidissement.

Le chlore dégagé traverse 4 absorbeurs, remplis d'un lait de chaux qu'on agite constamment. L'intensité nécessaire est de 200 ampères et la différence de potentiel de 4,4 volts par élément. D'après M. Preece, la décomposition d'une tonne de sel marin coûterait 83 francs, ce qui donnerait pour la soude et

Digitized by Google

le chlorure de chaux un prix de revient égal au tiers environ du prix de fabrication par les procédés chimiques ordinaires.

Préparation électrolytique de la céruse. — M. Bottome, d'Hoosick (New-York), a imaginé un procédé électrolytique pour la préparation de la céruse, qui est appliqué industriellement. Le produit obtenu paraît *couvrir* aussi bien que la céruse ordinaire, et la fabrication aurait l'avantage de n'être pas insalubre comme les procédés chimiques.

On fait dissoudre 225 grammes d'azotate de soude et une égale quantité d'azotate d'ammoniaque dans 4,5 litres d'eau. On fait passer ensuite dans la solution un courant d'acide carbonique, obtenu par la calcination du calcaire, et l'on soumet en même temps le bain à l'électrolyse au moyen d'électrodes en plomb. Le blanc de céruse se précipite rapidement; on l'enlève de temps en temps et on le sèche.

Épuration électrolytique de l'eau. — Au contact de l'air et de l'oxyde de fer, les matières organiques contenues en petite quantité dans l'eau sont rapidement détruites. Le procédé Anderson, basé sur cette réaction, est employé à Anvers depuis plusieurs années pour la purification des eaux de la Grande Nèthe, destinées à la consommation. L'eau passe dans des cylindres tournants remplis de rognures de fer, où circule un violent courant d'air. Il se forme du carbonate ferreux, qui se dissout dans l'eau et se décompose ensuite à l'air en anhydride carbonique et hydrate ferreux, que l'oxygène transforme bientôt en hydrate ferrique; en même temps, les matières organiques sont brûlées ou entraînées dans ce dépôt, qu'un filtre de sable suffit à retenir. D'après M. Van

Digitized by Google

Ermengen, l'eau soumise à ce procédé peut être regardée comme à peu près stérilisée.

Il semble, d'après une série d'expériences faites en grand en Amérique, que l'efficacité du procédé soit encore accrue lorsqu'on remplace l'oxygène de l'air par celui qui provient de l'électrolyse de l'eau. L'opération se fait alors dans des cuves allongées renfermant une série d'anodes en fer et de cathodes en charbon. L'eau circule très lentement. Il se forme de l'oxyde de fer, qui vient flotter à la surface, soutenu par les bulles d'hydrogène, et s'écoule en grande partie par un trop-plein. En même temps, les matières organiques sont détruites. L'eau sort presque limpide et se rend dans un réservoir où elle laisse les dernières parcelles d'oxyde de fer : elle est ensuite filtrée.

Traitement électrique du vin. — L'électricité permet de détruire les germes sans échauffer les liquides. Le courant continu est peu efficace et a en outre l'inconvénient de décomposer les sels en dissolution, ce qui altère le vin, diminue son titre alcoolique et augmente son acidité. M. de Méritens propose d'employer à cet usage les courants alternatifs de sa machine magnéto-électrique, qui donne des résultats très supérieurs. Des essais, poursuivis pendant plusieurs mois sur des vins de toute provenance, ont donné, dit-on, d'excellents résultats. Le même procédé peut servir à purifier les alcools d'industrie.

Blanchiment électrique. — Afin d'éviter l'action du chlore et de ses composés, qui pourraient altérer la solidité du papier, M. Villon emploie l'ozone. Le bas prix auquel on obtient aujourd'hui l'oxygène (0,50 fr. le m. c.) rend ce procédé très pratique. M. Villon emploie un appareil ozoniseur à grand

Digitized by Google

débit formé d'une caisse en bois dur, revêtue intérieurement de dalles en verre fixées par des tenons et des mortaises. Un vernis à la gomme laque et à la paraffine rend les joints complètement étanches. Cette caisse, hermétiquement close, renferme des cellules en verre contenant des grains de plomb ou de petits morceaux de charbon de cornue, et communiquant alternativement, par des toiles métalliques qui plongent dans toute leur longueur, avec les deux pôles d'une puissante bobine de Ruhmkorff, alimentée par une dynamo. L'oxygène circule dans les espaces ménagés entre les cellules et traversés sans cesse par les effluves électriques. Avant de pénétrer dans l'appareil ozoniseur, l'oxygène traverse d'abord un réfrigérant, qui abaisse sa température à 5°, afin d'augmenter la proportion d'ozone.

A la sortie de la caisse, l'oxygène ozonisé arrive, par la partie inférieure, dans des chambres en bois contenant la pâte et disposées comme celles qui servent pour le blanchiment au chlore gazeux. Le gaz traverse toute la masse, qu'il décolore rapidement : il est ensuite desséché par l'acide sulfurique et retourne au gazomètre, pour être de nouveau employé. L'opération est très rapide et n'attaque pas la cellulose. L'économie est de 40 p. 100 sur le procédé électrolytique et de 70 p. 100 sur le blanchiment au chlorure de chaux.

Désinfection électrolytique. — On sait que M. Hermite a imaginé une méthode ayant pour but d'appliquer l'électrolyse des chlorures au blanchiment et à la désinfection.

Cette méthode ayant reçu dans ces dernières années une nouvelle extension, nous croyons utile

Digitized by Google

de donner à ce sujet quelques nouveaux détails.

Désinfection des navires. — L'emploi des désinfectants chimiques à bord des navires a l'inconvénient d'exiger des produits chimiques coûteux, encombrants, d'un maniement difficile et même dangereux ; en recourant à l'électrolyse de l'eau de mer, on peut simplifier beaucoup cette opération.

On sait que le procédé Hermite est basé sur le principe suivant : Quand on fait passer un courant électrique dans une dissolution aqueuse d'un chlorure, de préférence le chlorure de magnésium ou un mélange de chlorure de magnésium et de chlorure de sodium, comme l'eau de mer, par exemple, ce chlorure est décomposé en même temps que l'eau ; il se forme au pôle positif un *composé oxygéné du chlore* très instable et doué d'un grand pouvoir d'oxydation, et partant de désinfection. Au pôle négatif, il se forme un oxyde qui a le pouvoir de précipiter certaines matières organiques. Par l'électrolyse on obtient donc, dans ces conditions, un liquide qui a les propriétés suivantes :

1° De détruire complètement les matières organiques résultant de la putréfaction, et aussi les gaz, tels que l'hydrogène sulfuré, le sulfhydrate d'ammoniaque, les carbures d'hydrogène, et les germes ou microbes ;

2° De précipiter certaines substances, telles que les matières albuminoïdes, etc., et par conséquent de clarifier les eaux.

A bord des navires, la dissolution de chlorure dont on a besoin pour l'application du procédé Hermite est toute trouvée et ne coûte rien : c'est l'eau de mer. Le seul passage de cette eau de mer dans un

Digitized by Google

électrolyseur (*Dict. d'électricité*, page 86) suffit pour lui communiquer des propriétés désinfectantes de premier ordre. Une simple machine, sous la surveillance du mécanicien, permet de faire circuler sans cesse, jour et nuit, un liquide pur et désinfectant dans toutes les parties du navire. Comme ce liquide est employé très abondamment, il n'est pas nécessaire de le charger beaucoup du principe désinfectant; il en résulte que l'odeur est pour ainsi dire nulle et le rendement électrique maximum.

Les électrolyseurs qui servent à cette opération sont bien connus; ce sont ceux qu'on emploie dans le procédé de blanchiment du même inventeur. On fait généralement passer dans ces appareils un courant de 1 000 à 1 200 ampères. Des instruments de mesure simples et robustes sont placés dans le circuit et permettent de se rendre compte à chaque instant de la puissance absorbée et de la bonne marche de l'installation.

La figure 101 représente un dispositif complet et très compact pour navires. Une machine à vapeur A commande directement une dynamo B, qui fournit le courant à l'électrolyseur C. L'eau de mer est puisée par la pompe à vapeur D dans la cale ou dans le réservoir F et amenée dans l'électrolyseur, d'où elle retourne à la cale E. On peut aussi la recueillir dans un réservoir spécial G, ou la distribuer par une canalisation *f g* en tous les points du navire. Enfin le tuyau *h* conduit ce liquide dans la cuve J, où l'on peut faire descendre un wagonnet K en treillis de fer galvanisé, contenant du linge sale ou d'autres objets à purifier.

Désinfection des villes et des maisons. — Le liquide désinfectant produit par la méthode Hermite convient

Digitized by Google

à tous les usages, car il possède un pouvoir antiseptique considérable ; la dissolution contenant 5 grammes de chlore par litre agit comme la solution de sublimé corrosif au millième, qui est employée comme

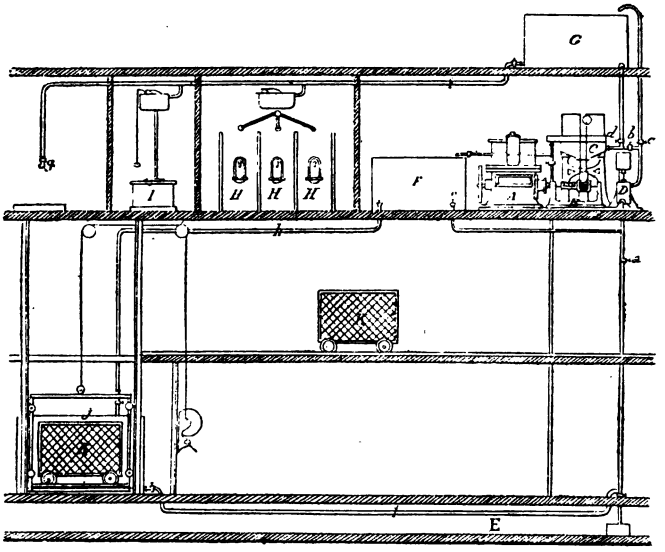

Fig. 101. — Appareil pour la désinfection des navires, système Hermite.

antiseptique dans les hôpitaux. « L'eau de mer ainsi électrolysée est un désodorisant parfait et un excellent antiseptique, qui détruit très rapidement les microorganismes les plus résistants, à la condition expresse d'assurer un contact intime du microorganisme et de l'eau électrolysée (1). »

(1) Rapport du Dr A. Piton au Conseil municipal de Brest, 21 février 1894.

Digitized by Google

10 grammes de matières fécales sont stérilisés en moins d'une heure par 500 centimètres cubes d'eau électrolysée, renfermant 5 grammes de chlore (1).

Partant de ces propriétés, M. Hermite propose d'établir dans chaque ville une usine centrale, produisant le liquide antiseptique par le simple passage dans une batterie d'électrolyseurs d'eau de mer naturelle ou artificielle (eau ordinaire contenant 30 kg. de sel marin et 6 kg. de chlorure de magnésium pour 1 000 litres). Ce désinfectant est refoulé comme de l'eau ordinaire dans une canalisation placée dans toutes les rues, et amené par des branchements dans les maisons, où il alimente les plombs, les éviers, les réservoirs de chasse des cabinets d'aisances, etc.

Un appareil fort simple, appelé siphon dilueur, est intercalé entre le tuyau de chute des cabinets d'aisances et l'égout; la dimension de cet appareil est calculée de telle sorte que les matières fécales y séjournent un temps suffisant pour se trouver complètement stérilisées.

Le liquide, absolument inodore et inoffensif, se rend directement à l'égout, contenant encore un léger excès de désinfectant, ce qui assure la parfaite désinfection des égouts.

Le tout à l'égout par ce système est donc bien résolu, puisque les habitants contribuent à l'assainissement de l'égout au lieu de l'infecter; toutes les eaux qui en sortent peuvent, sans inconvénient, être jetées à la mer ou dans les fleuves ou rivières. Les eaux ménagères venant des plombs et éviers passent dans un autre siphon dilueur avant de se rendre à l'égout.

(1) Expériences du Dr J. de Christmas, 1894.

Digitized by Google

Ce siphon dilueur est alimenté par un réservoir de chasse automatique, calculé de façon à y envoyer de temps en temps une certaine proportion de désinfectant.

Des bouches de lavage, établies au bord des trottoirs, permettent de nettoyer complètement tous les ruisseaux et les égouts avec le désinfectant, au moyen de chasses faites à certaines heures; ceci constitue le service municipal.

On peut arroser la chaussée avec le désinfectant au moyen de lances ou de tonneaux d'arrosage absolument comme pour l'eau ordinaire, ce qui assure la destruction des microbes ou germes contenus dans la poussière des rues.

Moyennant une dépense très faible, les habitants peuvent avoir dans les cuisines, à côté du robinet d'eau potable, un robinet de jauge leur donnant le liquide désinfectant, dont ils apprécieront bien vite l'utilité pour le lavage des parquets, du linge des malades, etc.

Le liquide antiseptique pourrait encore servir au blanchissage du linge, préalablement lessivé.

L'adoption de ce système entraînerait en outre une grande économie d'eau potable.

La canalisation peut être formée de tuyaux en fonte goudronnés à chaud, comme pour l'eau ordinaire, ou de tuyaux en fonte non goudronnés, qu'on recouvre d'une couche protectrice d'oxyde de fer et de magnésie par l'électrolyse du liquide chloruré.

En attendant l'installation d'usines centrales, les habitants des villes qui possèdent déjà des stations électriques peuvent à peu de frais produire eux-mêmes le liquide désinfectant pour leurs usages

Digitized by Google

domestiques. Il suffit de faire passer le courant de la station centrale dans un réservoir constamment rempli d'eau de mer naturelle ou artificielle. L'appareil fabriqué pour cet usage se compose d'une série de tubes en fonte galvanisée d'une forme spéciale, constituant le pôle négatif, et dans lesquels passe le liquide; ces tubes renferment les électrodes positives en platine. Le nombre des tubes ou éléments varie avec la force électromotrice du courant.

La figure 102 montre l'application d'un de ces électrolyseurs domestiques à des cabinets d'aisances. L'électrolyseur *b* reçoit l'eau de mer, naturelle ou artificielle, du réservoir *a*; le liquide électrolysé ou *hermitine* se rend au réservoir de chasse *e* et de là à la cuvette *d*. Un robinet *m* permet de régler le débit de l'eau de mer et par suite le titre de l'hermitine, qu'on peut d'ailleurs ramener au degré voulu en amenant de l'eau douce par le robinet *n*.

En tirant la chaîne *q*, on produit la chasse désinfectante; mais, en même temps, on fait arriver une nouvelle quantité d'eau de mer dans l'électrolyseur et l'on déclenche automatiquement le commutateur *o*, qui lance le courant. Dès que le réservoir de chasse est de nouveau rempli, le flotteur *p*, agissant par l'intermédiaire de leviers sur les robinets *nn'* et sur le commutateur *o*, interrompt à la fois le courant et le passage du liquide.

Procédé Webster. — Nous ajouterons aussi quelques détails sur le procédé Webster, qui est employé en Angleterre depuis quelques années.

On sait que M. Webster a également proposé de soumettre les eaux d'égout à l'électrolyse pour les purifier et pour précipiter les matières en suspension.

Digitized by Google

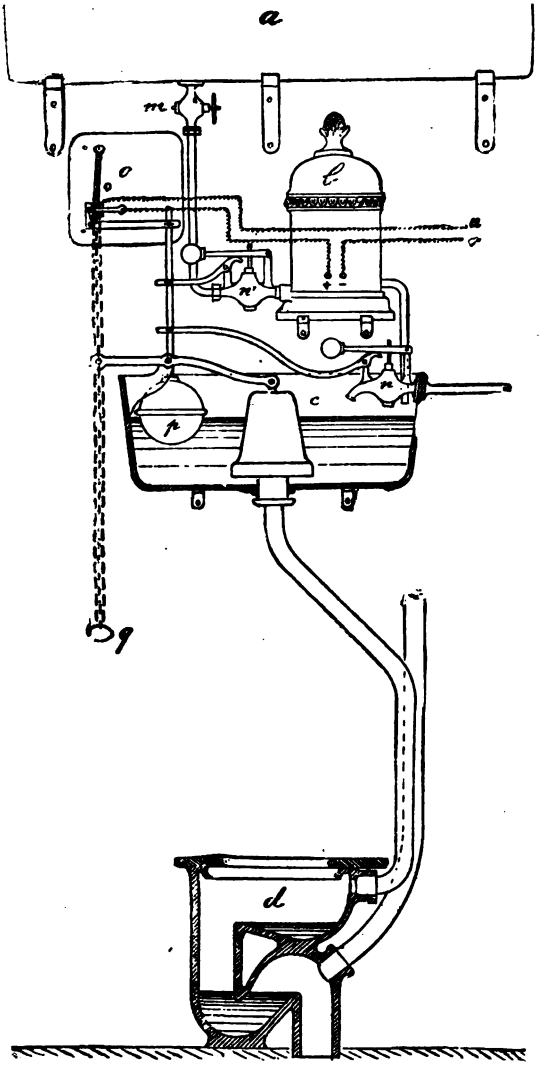

Fig. 102. — Désinfection des cabinets d'aisances par le procédé Hermite.

Digitized by Google

Il emploie comme anodes des lames d'un charbon spécial, et comme cathodes des plaques de fer. Grâce aux chlorures que contiennent toujours les eaux vannes, il se forme dans ces conditions des composés oxygénés du chlore, qui produisent une combustion presque immédiate des matières organiques en suspension, et de l'oxyde ferrique, qui rend la désinfection plus efficace.

Les électrodes, réunies en série ou en dérivation avec une dynamo, sont placées dans des canaux où l'eau d'égout passe pendant quelques minutes; elle reste ensuite environ une heure dans un bassin de décantation, puis elle est rejetée.

Cette méthode a été expérimentée à Crosness, où l'on traite 4000 à 5000 mètres cubes d'eau par jour : on a constaté que 31 grammes de chlore naissant suffisent pour désinfecter 4,5 litres des eaux vannes de Londres, après élimination des matières en suspension. En général, on peut purifier environ 5 litres d'eau vanne par ampère et par dix minutes, lorsque cette eau ne renferme pas de résidus d'usines. La proportion des matières en suspension est seule diminuée; les quantités d'azote et de chlorures restent à peu près invariables.

Il faudrait, d'après *The Electrical Engineer*, une puissance de 27 chevaux pour désinfecter 4500 mètres cubes d'eau par jour; l'usure des électrodes de fonte s'élèverait à 1 300 tonnes par an pour une ville de 1 million d'habitants.

Le même procédé, appliqué en 1889 aux matières du dépotoir de la Villette, a permis de concentrer les substances solides, en donnant à la surface un liquide relativement inodore et désinfecté.

Digitized by Google

Extraction et blanchiment de la fécule. — M. Hermite a appliqué l'électrolyse à la préparation de la fécule, dans le but de supprimer les inconvénients inhérents soit au procédé par râpage, soit à la méthode chimique, c'est-à-dire :

1° De supprimer l'inconvénient des eaux calcaires en y précipitant la chaux ;

2° De séparer facilement la fécule du parenchyme et des matières albuminoïdes ;

3° D'empêcher les fermentations pectique et lactique, aussi bien dans le *gras* que dans la fécule verte, et de faciliter le travail du *gras* en rendant facile l'extraction de ces résidus, sans l'emploi de l'acide sulfurique, d'une fécule aussi pure que la fécule première ;

4° De détruire les huiles essentielles sans porter atteinte à la matière amylacée et de supprimer ainsi l'odeur caractéristique de la fécule de l'Oise ;

5° De donner à la fécule une blancheur semblable à celle des fécules hollandaises ou allemandes de la marque BKMF, et cela sans courir les risques que présente l'emploi du chlorure de chaux liquide ;

6° De donner comme *excreta* : 1° des pulpes contenant la plus grande quantité possible de principes azotés ; 2° des eaux non susceptibles de fermentation.

Le principe de ce procédé est le même que celui des autres méthodes de M. Hermite ; nous en empruntons la description à l'auteur :

« Si on fait passer un courant électrique dans une dissolution aqueuse d'un sel, de préférence un chlorure, ce sel est décomposé en même temps que l'eau : il se forme au pôle positif un composé oxygéné du chlore très instable, doué d'un grand pouvoir d'oxydation et partant de désinfection. Au pôle négatif, il se

Digitized by Google

forme un oxyde qui a le pouvoir de précipiter les matières organiques.

« Ce principe posé, supposons que nous ayons à traiter une eau très calcaire : ajoutons-y une faible quantité de chlorure de sodium (sel marin) et soumettons-la à l'électrolyse. Au pôle positif, il y aura formation d'un composé oxygéné du chlore, tandis qu'au pôle négatif il y aura formation de soude caustique. Cette soude caustique, réagissant sur les sels calcaires de l'eau, précipitera la chaux en transformant le carbonate de chaux en *chaux* et carbonate de soude, le sulfate de chaux en *chaux* et sulfate de soude, les sels de fer en oxyde *ferreux* et en sels de soude. Par repos, la chaux insoluble se précipitera. Si au chlorure de sodium on a ajouté quelques traces de chlorure d'aluminium, on aura formation d'alumine gélatineuse, l'un des meilleurs clarifiants connus, qui précipitera la chaux restée en suspension.

« En dehors des sels calcaires, l'eau contient souvent des matières organiques, des germes, des ferments, de l'hydrogène sulfuré, des sulfures et des carbures d'hydrogène. Le composé oxygéné du chlore obtenu au pôle positif agira puissamment sur ces divers composés et, en leur abandonnant son oxygène, les transformera soit en acide sulfureux, soit en sulfates.

« Ainsi donc, en ajoutant à l'eau destinée à l'extraction de la fécule une faible quantité de sel marin et en l'électrolysant, on peut la débarrasser des sels calcaires dont on a vu les fâcheux effets, et la charger d'un principe antiseptique très puissant, le composé oxygéné du chlore. Un appareil peut purifier ainsi environ 500 litres d'eau à la minute. Le premier point du programme, supprimer l'inconvénient des eaux

Digitized by Google

calcaires en y précipitant la chaux, se trouve donc rempli.

« Si l'on examine les matières albuminoïdes contenues dans le parenchyme et dans l'eau de végétation, on voit que l'albumine végétale, la légumine, la globuline, la fibrine végétale, la mucidine, la gélatine végétale, la myosine, sont toutes très solubles dans les bases alcalines. Il résulte alors de cette propriété que ces matières, se trouvant en présence d'une eau électrolysée comme nous l'avons indiqué, et à laquelle on aura ajouté du carbonate de soude, se dissoudront avec facilité. Le pectate de chaux, la pectine, les corps azotés, seront, sous cette même influence, transformés en sels solubles; enfin la vasculose, oxydée par l'oxygène provenant du composé chloré, se changera en acide résineux, soluble, lui aussi, dans le carbonate de soude, ainsi que l'a démontré Frémy.

« La séparation du parenchyme et des matières albuminoïdes de la fécule sera donc grandement facilitée, et le second point du programme rempli. En raison même de sa puissance d'oxydation, le composé oxygéné du chlore constitue un antiseptique puissant. Les expériences de Nocard à Alfort, de Puech à Toulouse, ont démontré que l'oxygène naissant, et c'est précisément dans cet état qu'il se trouve dans le composé oxygéné du chlore, avait sur les ferments une action destructive des plus nettes. Les anaérobies ne peuvent vivre dans ce milieu oxygéné et les aérobies sont attaqués dans leur constitution même et détruits par l'oxygéne d'une façon identique à l'action de l'acide sulfurique sur le corps humain.

« Les fermentations pectique et lactique ne peuvent donc pas plus se produire dans une fécule verte ayant

Digitized by Google

été traitée par l'eau électrolysée que ne se produit la fermentation putride dans les eaux vannes également électrolysées. Ces fermentations se trouvent empêchées aussi bien dans les gras que dans la fécule verte par l'emploi d'eau électrolysée ; le procédé Hermite répond donc bien au troisième point du programme et son emploi empêchera la formation des pectates et des lactates de chaux, qui gênent si souvent les fabricants de glucose.

« En présence des carbonates alcalins, les huiles essentielles se transforment en corps solubles et inodores ; or, la liqueur électrolytique contient, comme on l'a vu, ces carbonates : ils saponifieront donc ces huiles et en débarrasseront la fécule. Ce procédé de purification des fécules de l'Oise a été depuis longtemps indiqué, mais nous ne savons pas que, dans la pratique, on en ait jamais fait usage. Si l'extraction par les alcalis se trouvait incomplète, l'oxygène provenant du composé oxygéné du chlore agirait sur les huiles en les transformant facilement par oxydation en produits gazeux. La destruction des huiles essentielles et la désodorisation de la fécule, qui constituent le quatrième point du programme, se trouveront donc encore résolues par l'emploi du procédé Hermite.

« Le sixième consiste à rendre infermentescibles les eaux résiduaires et à fixer dans la pulpe le plus de matières azotées possible. Le composé oxygéné du chlore ayant, ainsi qu'on l'a démontré tout à l'heure, détruit les ferments, les eaux résiduaires ne seront plus susceptibles de fermenter et elles pourront, sans crainte aucune, être utilisées pour l'irrigation ; d'autre part, les composés azotés ayant été transformés en

Digitized by Google

sels fixes, les chances de perte d'azote seront de beaucoup diminuées.

« Reste encore un point que nous avons négligé, celui du blanchiment de la fécule. Ce blanchiment, le composé oxygéné du chlore permettra de l'obtenir facilement, car son pouvoir oxydant est en même temps un pouvoir blanchissant très énergique. C'est, non point au chlore, en effet, mais bien à l'oxygène que sont dus les effets blanchissants des divers chlorures; le composé oxygéné du chlore qui se trouve dans le liquide électrolytique, abandonnant avec une très grande facilité son oxygène, blanchira donc la fécule sans présenter aucun des dangers du chlorure de chaux, qui dissout la granulose. »

Les électrolyseurs employés pour cette méthode sont semblables à ceux qui servent pour le blanchiment électrolytique.

Tannage électrolytique. — De nouveaux procédés de tannage électrique ont été mis en essai dans ces dernières années. La méthode imaginée par MM. Worms et Balé, en 1889, a été adoptée par *The British Company limited* : l'opération se fait dans un vaste tambour, de plus de 2,50 m. de diamètre, mobile autour d'un axe horizontal, et rempli jusqu'au tiers du liquide tannant, additionné d'essence de térébenthine. Les peaux sont suspendues à l'intérieur de la partie périphérique du tambour et les électrodes sont disposées à l'extérieur. Le procédé est d'ailleurs tenu secret.

La méthode de M. Groth, appliquée dans son usine *The Grange*, à Bermondsey, a été également installée par M. Hauenstein dans l'usine de M. E. Pollet, à Verviers. L'appareil Groth se compose soit d'une cuve

Digitized by Google

circulaire, portant en son centre un cadre tournant qui supporte les peaux, soit d'une cuve rectangulaire, munie également d'un cadre qui porte les peaux et qui est animé d'un mouvement de va-et-vient, produit par une bielle et un système de roues; c'est ce dernier dispositif qui a été adopté à l'usine de Verviers.

Le courant est fourni par une dynamo en série de 75 volts et 15 ampères, capable d'alimenter six cuves rectangulaires. L'intensité employée ne doit pas dépasser sensiblement 2 ampères. Pour 40 peaux de bœufs et vaches, pesant 1 380 kg., sans les cornes, on emploie 1 365 kg. de matières tannantes, se composant de:

880 kg. d'écorce de chêne, à fr. 111 les 100 kg.	132 fr.
85 kg. d'écorce de mimosa, à fr. 40 les 100 kg.	34 »
400 kg. extrait de tannin d'écorce de chêne, à fr. 40 les 100 kg.	160 »
Total	326 fr.

La quantité de cuir obtenue étant de 723 kg., la dépense en matières tannantes s'élève à 0, 451 fr. par kg. de cuir.

ÉLECTROMÉTALLURGIE.

Les méthodes appliquées à l'électrométallurgie, étant encore dans la période d'essai, se transforment sans cesse. Nous indiquons ici les plus récentes.

Extraction de l'aluminium. — La préparation électrique de l'aluminium est une des plus intéressantes, car, l'extraction chimique étant fort coûteuse,

Digitized by Google

c'est à l'électricité qu'on a eu recours pour abaisser le prix d'un métal susceptible de rendre de nombreux services. Ce prix est déjà descendu de 100 francs à 8 francs le kilogramme. La *Aluminium Industrie Actien Gesellschaft* de Neuhausen (Suisse) se propose actuellement de livrer ce métal à 5 francs le kilogramme, prix comparable à ceux des métaux usuels, si l'on tient compte de la faible densité de ce corps.

Les procédés actuellement à l'essai sont nombreux; il est à croire que, d'ici quelques années, l'expérience aura fait connaître ceux qui doivent être adoptés définitivement.

Nous avons décrit ailleurs (1) le procédé Cowles, qui a été le premier appliqué en Amérique, et qui consiste à réduire l'alumine par le charbon, sous l'influence de la chaleur dégagée par l'arc voltaïque. L'opération se fait dans un fourneau en briques réfractaires, garni de brasque faite avec du charbon et de la chaux. Les électrodes, placées dans le sens de la longueur, sont constituées par des faisceaux de crayons en charbon, encastrés dans une monture métallique. Elles sont inclinées et se déplacent du dehors au moyen de crémaillères; on modifie leur distance pour régler le courant.

Le procédé Cowles est employé actuellement à l'usine de Lockport et à celle de Milton; il ne convient guère qu'à la fabrication des alliages.

Le procédé Héroult se rapproche beaucoup du précédent, mais, au lieu d'opérer sur un mélange d'alumine et de charbon, on se sert d'alumine fondue par la chaleur même du courant; le charbon nécessaire à la réduction paraît emprunté aux électrodes. Sous

(1) *Dictionnaire d'électricité*, page 264.

Digitized by Google

cette forme, le procédé Héroult ne peut donner que des alliages.

D'autres méthodes n'emploient que des courants à basse tension; la réaction est due alors à l'électrolyse et non à la chaleur de l'arc.

Tel est le procédé Héroult-Kiliani, qui donne le métal pur. On ajoute pour cela à l'alumine de la *cryolithe* (fluorure double d'aluminium et de sodium), pour faciliter la fusion. On soumet d'abord au courant la cryolithe seule, placée dans un four spécial. Cette substance étant fondue, on ajoute, dans le voisinage de l'anode, de l'alumine hydratée préalablement calcinée et pulvérisée. Cet oxyde, réduit par le courant, donne de l'aluminium, qui tombe au fond du creuset. L'opération marche d'une façon continue, si l'on ajoute constamment de l'aluminium. L'oxygène se porte sur l'anode, qui est en charbon, et la brûle peu à peu. On enlève l'aluminium toutes les vingt-quatre heures par un trou de coulée.

L'appareil se compose (fig. 103) d'un creuset en tôle garni de charbon à l'intérieur et porté sur des supports isolants.

L'électrode négative traverse le fond du creuset, dont elle est isolée électriquement. L'anode est soutenue par une potence, qui permet de l'élever ou de l'abaisser au moyen d'une vis. La première électrode est en métal, la seconde en charbon aggloméré.

Dans les appareils les plus récents, on ne garnit plus de charbon les parois latérales de la cuve, mais seulement le fond; l'action refroidissante de l'air suffit à protéger ces parois, sur lesquelles se dispose une couche de cryolithe.

Cette méthode est employée à Froges (Isère) et à

Digitized by Google

Neuhausen (Suisse) (1). La production moyenne est de 20 gr. par cheval-heure. Une force électromotrice de 10 volts est suffisante.

Le procédé Minet est utilisé à Calypso, près de

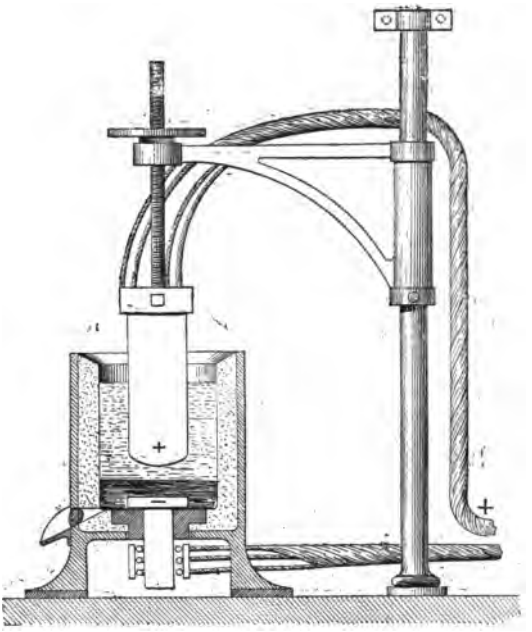

Fig. 103. — Appareil Héroult.

Saint-Michel (Savoie); le bain est alimenté avec un mélange d'aluminium, de cryolithe et d'oxyfluorure d'aluminium. L'électrolyse du fluorure donne au

(1) Voy., pour plus de détails, LEJEAL, *L'aluminium, le manganèse, le baryum*, etc. Paris, 1894, p. 139.

Digitized by Google

pôle positif du fluor, qui régénère ce composé en attaquant l'aluminium. L'oxyfluorure compense les pertes de fluor, qui sont inévitables. On doit vérifier fréquemment la composition du bain et modifier en conséquence les proportions du mélange.

L'opération se fait dans une cuve rectangulaire en fonte (fig. 104), chauffée par un foyer extérieur. Les parois sont reliées à l'électrode négative et reçoivent ainsi un léger dépôt d'aluminium, qui les protège contre l'oxydation. Les électrodes sont en charbon aggloméré. Le métal fondu se rassemble dans une cuve de même substance, placée au-dessous de l'électrode négative.

Cette opération n'exige qu'une force électromotrice de 4 à 6 volts, avec une intensité de 1 ampère par centimètre carré d'anode. On obtient environ 30 grammes de métal par cheval-heure.

Nous citerons encore le procédé de M. Camille Faure, qui, d'après l'auteur, devrait abaisser le prix de l'aluminium à 0,35 franc, soit au-dessous de celui du cuivre. Ce procédé consiste à électrolyser le chlorure d'aluminium, additionné de sel marin à cause de sa trop grande volatilité. On obtient ainsi un bain qui fond à 240° et ne se volatilise qu'au rouge sombre. On chauffe doucement par un foyer extérieur et l'on fait passer un courant de 3000 ampères sous 4 volts, qui précipite 1 kilogramme de métal par heure. On donne au bain une grande section pour diminuer la résistance.

Le chlorure d'aluminium est seul décomposé. Le chlore, dégagé à l'électrode positive, est employé à préparer du chlorure de chaux, ce qui couvre une partie notable des frais. Il suffit de renouveler cons-

Digitized by Google

tamment le chlorure d'aluminium pour rendre l'opération continue.

Le chlorure d'aluminium employé n'est pas un produit naturel; M. Faure le prépare par l'action de l'acide chlorhydrique sur un mélange de bauxite et de charbon, dans un haut-fourneau.

« Il est assez difficile de se prononcer maintenant

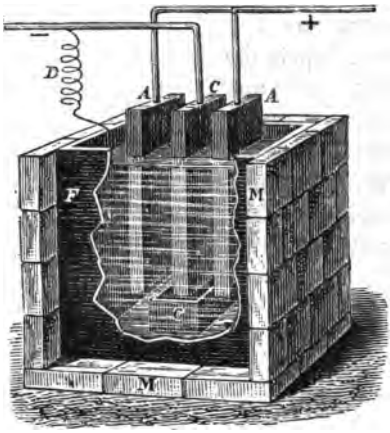

Fig. 104. — Appareil Minet.

sur l'avenir réservé à ces différents procédés. Je pense que les méthodes électriques sont destinées à l'emporter; car si, dans les méthodes chimiques, on est amené à préparer le sodium par l'électrolyse, il semble rationnel de supprimer cet intermédiaire : il ne pourrait conserver d'utilité que pour la préparation de l'aluminium extra-pur, où jusqu'à présent les méthodes chimiques semblent mieux réussir que les autres.

Digitized by Google

« Aucune de ces méthodes, du reste, ne résout le problème d'extraire l'aluminium de ses composés très répandus dans la nature, comme les argiles. Toutes sont encore obligées d'employer des matières pures, c'est-à-dire, soit des minerais rares comme le corindon, soit des produits artificiels.

« La réduction du silicium, dont la présence est nuisible même dans les alliages, empêche de recourir aux substances non exemptes de silice. Malgré ces circonstances, le prix des matières premières ne constitue que le tiers ou le quart des frais : la main-d'œuvre, les opérations accessoires dans les méthodes chimiques, dans les autres cas, l'amortissement des grandes installations électriques se reportant sur une production assez faible, sont les causes principales de l'élévation du prix de revient (1). »

Extraction du chrome. — M. Placet a pu obtenir le chrome par l'électrolyse d'une solution aqueuse d'alun de chrome, additionnée d'un sulfate alcalin et d'une petite quantité d'acide sulfurique ou d'autres acides. Le dépôt obtenu à l'électrode négative présente un beau brillant et est constitué par du chrome pur, d'une belle couleur blanc bleuâtre. Dans certaines conditions, on peut avoir des groupements de cristaux de chrome rappelant la forme des branches de sapin.

On peut obtenir aussi, dans des bains analogues au précédent, un dépôt adhérent de chrome sur le laiton, le bronze, le cuivre, le fer. Ce dépôt présente un bel aspect métallique rappelant celui de l'argent oxydé.

Extraction des métaux précieux. — On sait qu'il

(1) U. Le Verrier, *Note sur les progrès récents de la métallurgie*,

Digitized by Google

est très difficile d'extraire l'or et l'argent des minerais complexes dans lesquels ils sont unis avec l'arsenic, l'antimoine, le soufre, parce que ces composés ne se laissent pas en général griller complètement, et résistent dans ce cas à l'amalgamation comme à la plupart des réactifs. Ainsi les pyrites aurifères, qui se rencontrent assez fréquemment, restent souvent inutilisées lorsqu'elles ne sont pas très riches.

Beaucoup de procédés ont été essayés inutilement pour utiliser ces minerais : la meilleure méthode paraît consister à traiter les résidus de grillage par le chlore gazeux, qui dissout l'or.

L'électrolyse, qui produit facilement du chlore naissant, semble fournir une excellente solution. On fait passer les minerais dans une dissolution de sel marin ou d'autres chlorures, décomposée par un courant à haute tension. Le chlore dégagé au pôle positif attaque tous les composés de l'or et de l'argent, et ces deux métaux se dissolvent à l'état de chlorure double.

Un certain nombre de méthodes récentes utilisent la réaction qui précède. La plus pratique paraît être celle de M. Cassel, qui permet de dissoudre l'or et de le précipiter en une seule opération.

L'opération se fait dans une auge de bois, dont les parois sont garnies de plaques de cuivre formant l'électrode négative. Dans cette auge tourne un tambour en matière poreuse telle que l'amiante, dont l'axe communique avec le pôle positif et porte des baguettes de charbon, qui viennent aboutir près de la cloison d'amiante. L'anode ainsi constituée est donc toujours séparée de la cathode par le diaphragme poreux.

Digitized by Google

On remplit l'appareil d'une solution de sel marin, on fait passer le courant, puis on verse le minerai dans le tambour, qui tourne avec une vitesse de 10 tours par minute. L'or se dissout, et le chlorure, traversant librement la cloison poreuse, va s'électrolyser dans l'auge, de sorte que le métal se dépose, sous forme de poudre, sur les plaques de cuivre qui constituent la cathode. Cette poudre est ensuite lavée, séchée, puis fondue et raffinée.

Si le minerai est formé de blendes ou de pyrites cuivreuses, le zinc et le cuivre se dissolvent aussi et se déposent avec l'or.

Dans cette méthode, on doit éviter que le bain devienne acide, car le fer qui se trouve toujours dans le minerai précipiterait l'or. Pour écarter cet inconvénient, on bocarde le minerai avec du sel marin, et l'on ajoute une certaine quantité de chaux, qui précipite le fer.

Dans le procédé Body, on électrolyse une dissolution de chlorure alcalin et de perchlorure de fer. L'opération se fait dans un cylindre tournant, contenant des boulets en fer. Le minerai est attaqué. L'or et l'argent se dissolvent, puis se précipitent de nouveau par l'action du fer ; ils restent donc mélangés au minerai, mais sous un état différent, qui les rend faciles à amalgamer. On arrête alors la rotation et l'on ajoute du mercure.

M. U. Le Verrier examine dans son livre les avantages et les inconvénients que présente l'application de l'électricité à la métallurgie (1). Il cherche en particulier si la production de chaleur par l'électricité,

(1) Le Verrier, *la Métallurgie* (Bibliothèque scientifique contemporaine).

Digitized by Google

c'est-à-dire l'emploi du four électrique, peut être économique.

« Il est très difficile, dit M. Le Verrier, de calculer *a priori* quelle portion de l'intensité d'un courant on pourrait utiliser sous forme de chaleur. Mais, au point de vue pratique, le traitement de l'aluminium fournit une donnée réelle. On obtient couramment 15 grammes de ce métal par cheval-heure, et, dans des essais soignés, on est arrivé à une production de 40 grammes. En tenant compte du poids des matières qu'il faut fondre et admettant une température de 1500°, il y aurait environ 60 calories utilisées (je ne tiens pas compte de la réduction de l'alumine, compensée par la combustion du charbon des électrodes ou de celui qu'on ajoute dans la charge).

« Prenons ce chiffre comme représentant l'utilisation pratique qu'on peut espérer en général. Supposons que le cheval-heure, produit par une force hydraulique, revienne seulement à 1 centime, et que la tonne de houille vaille 20 francs : l'électricité donnera 60 calories, pour le prix de 500 grammes de charbon, qui peuvent en dégager 3000. D'autre part, dans un four à bonne marche, comme dans les fours Siemens, l'utilisation peut atteindre 20 p. 100. C'est donc 600 calories qu'on aurait pour le même prix en chauffant avec de la houille.

« Ainsi le chauffage par l'électricité serait 10 fois plus coûteux, et, dans la pratique, ce rapport pourrait s'élever à 20.

« Cet écart diminuerait pour les températures très élevées, et surtout pour les opérations où il faut chauffer en vase clos ; car alors, comme dans la fusion

Digitized by Google

de l'acier en creuset, l'utilisation du charbon peut descendre au-dessous de 5 p. 100.

« L'électricité offrira des avantages sérieux pour certaines opérations spéciales; elle permet de chauffer seulement un point déterminé, elle n'expose pas la matière au contact parfois dangereux du combustible ou des flammes; elle sera d'un maniement très commode dans les cas où le charbon serait à peu près impossible à employer. C'est ce qui arrive pour les soudures autogènes, qu'on ne pourrait guère faire autrement (sauf avec le chalumeau à oxygène). Elle peut développer des températures irréalisables avec d'autres procédés et elle a seule permis jusqu'à présent d'une manière courante la réduction directe de l'alumine.

« Il y a donc des cas où les combustibles ordinaires ne peuvent pas remplacer l'électricité. Mais, dans l'état actuel de la science, ce sont les seuls où l'emploi de cet agent comme producteur de la chaleur soit rationnel. C'est un chauffage de luxe, auquel l'industrie ne peut recourir que contrainte et forcée, toutes les fois du moins qu'il s'agit d'opérations en grand, où le prix de revient de la chaleur joue un rôle assez important pour être pris en considération. » (Le Verrier.)

ÉLECTROCHIMIE.

Dépôt de cobalt. — Les dépôts électrolytiques de cobalt s'obtiennent facilement, même sous une grande épaisseur, de sorte qu'on peut même préparer par électrolyse des plaques, des cylindres ou des barres de métal massif. On emploie comme bain

Digitized by Google

une dissolution concentrée de chlorure de cobalt pur ou additionné de sulfate ou de chlorure de magnésium, ou bien une solution de sulfate double de cobalt et d'ammoniaque. On prend pour anodes des plaques de cobalt laminé. Il suffit d'une force électromotrice de 2 volts avec une intensité suffisante pour que la première couche se dépose rapidement ; on diminue ensuite cette intensité.

Le détail des opérations est le même que pour le nickelage.

Les dépôts de cobalt paraissent appelés à prendre une certaine importance. Ce métal est analogue au nickel, qu'il peut remplacer fréquemment ; cependant il est moins dur ; en outre, il est attaqué par le vinaigre, les acides, les corps gras, de sorte qu'il ne peut s'appliquer aux ustensiles de cuisine.

Dépôt de palladium. — Ce dépôt peut se produire par simple immersion, mais il est préférable d'avoir recours à l'électrolyse.

On peut se servir du bain suivant (BOUANT, *la Galvanoplastie*) :

Eau	1000	grammes.
Chlorure de palladium	5	—
Phosphate de sodium	100	—
Sel ammoniac	20	—
Borax	10	—

On emploie une anode de palladium et l'on chauffe légèrement.

Ce métal est d'un beau blanc et se conserve parfaitement à l'air. Il est surtout employé pour recouvrir le mouvement des montres ; il serait souvent préférable au nickel pour protéger le fer et l'acier.

Dépôt d'aluminium. — La *Tacony Iron and Plating*

Digitized by Google

C° de Tacony, Philadelphie, a entrepris de recouvrir d'un dépôt électrolytique d'aluminium un monument tout entier. Il s'agit d'une tour monumentale qui fait partie du nouvel hôtel de ville de Philadelphie. Cette tour est en marbre blanc sur une hauteur de 101 mètres, et en fonte sur le reste de la hauteur, 65 mètres ; elle est surmontée d'une statue en bronze de W. Penn. C'est la partie en fonte qu'on a voulu recouvrir d'aluminium pour lui donner un aspect gris mat, s'harmonisant avec les tons du reste de la construction.

Les objets à recouvrir sont amenés par un pont roulant dans un atelier renfermant 6 bacs en bois de 7,5 m. de longueur, disposés en séries parallèles. Chaque pièce séjourne vingt-quatre heures dans le premier bac, qui contient une solution de soude caustique pour dissoudre les matières grasses ; elle reste ensuite pendant un temps égal dans le second bain, qui est légèrement acide et doit enlever les écailles d'oxyde, puis elle est rincée, passée au grattebosse d'acier et recouverte de deux couches de cuivre électrolytique, qui exigent un séjour de vingt-quatre et de soixante-deux heures dans les deux bacs suivants. Le cinquième récipient contient le bain d'aluminium ; 60 anodes de 1,2 m. de longueur, 0,30 m. de largeur et 0,018 d'épaisseur, pesant 16 kilogrammes, sont suspendues autour de la pièce. L'épaisseur du dépôt est de 1,56 m. et correspond à 22,5 kilogrammes pour chaque colonne de 6 mètres de longueur ; ce dépôt s'obtient en soixante-deux heures. Le dernier bac renferme de l'eau chaude pour rincer la pièce. L'opération entière dure neuf jours, mais, comme elle se fait d'une manière continue, les objets terminés se succèdent à trois jours d'intervalle.

Digitized by Google

CHAPITRE XII

ACTIONS PHYSIOLOGIQUES; APPLICATIONS MÉDICALES.

Autoconduction. — Action physiologique des courants à haute fréquence. — Production de ces courants par les machines statiques. — Secours à donner aux personnes foudroyées par les courants.

Autoconduction. — M. d'Arsonval a essayé un nouveau mode d'électrisation des êtres vivants, auquel il donne le nom d'*autoconduction*, et qui consiste à isoler complètement le sujet de la source électrique et à le soumettre aux courants induits qui prennent naissance dans ses propres tissus. Ces courants peuvent acquérir une puissance considérable, et bien qu'ils ne produisent aucune douleur ni aucun phénomène conscient chez l'individu qui en est le siège, ils agissent cependant avec énergie sur la vitalité des tissus.

M. d'Arsonval emploie pour cela un champ magnétique oscillant de très haute fréquence, produit de la manière suivante : Le sujet est placé dans l'intérieur d'un solénoïde, formé d'un câble à lumière bien isolé, enroulé en une ou plusieurs couches sur un cylindre en matière isolante. Ce solénoïde est traversé par la décharge oscillatoire d'un condensateur, formé de 2 à 12 bouteilles de Leyde cylindriques, disposées en deux batteries reliées en cascade, et chargé périodi-

Digitized by Google

quement par un transformateur donnant environ 15 000 volts, qui est lui-même animé par un alternateur Siemens, sans fer, donnant au maximum 12 ampères et 350 volts, avec une fréquence de 60 périodes par seconde.

On obtient ainsi des courants induits d'une grande puissance, qui peuvent porter à l'incandescence des lampes de 0,1 ampère, sans que la personne qui les tient éprouve la moindre sensation. Ces courants exercent une action énergique sur les phénomènes intimes de la nutrition.

Action physiologique des courants à haute fréquence. — M. d'Arsonval a étudié vers 1890 les effets physiologiques des courants alternatifs à grande fréquence, tels que ceux de M. Tesla. Il avait constaté, dans des expériences antérieures, que, pour les courants de basse fréquence, le nombre des secousses subies par le sujet augmente d'abord avec celui des inversions, et les diverses contractions vont en se fusionnant de plus en plus jusqu'à ce que le muscle reste en contraction permanente : il est alors tétanisé, ce qui exige pour les muscles de l'homme 20 à 30 excitations par seconde. Si l'on augmente encore le nombre des ondes, on accroît aussi l'intensité des phénomènes d'excitation, mais seulement jusqu'à un certain maximum, qui a lieu entre 2 500 et 5 000 excitations par seconde. A partir de cette limite, les phénomènes vont en décroissant indéfiniment. Ainsi, avec des oscillations suffisamment rapides, on peut faire passer à travers l'organisme, sans qu'il soit perçu, un courant qui serait foudroyant si l'on abaissait la fréquence.

M. d'Arsonval a montré ce résultat par plusieurs dis-

Digitized by Google

positifs ; on peut employer celui de la fig. 2, p. 16, mais on augmente l'étincelle en *e* par l'action d'un électro-aimant dont les pôles sont placés à angle droit avec elle. Dans ces conditions, quelles que soient la longueur de l'étincelle en E et la bobine employée, on peut sans inconvénient tenir avec les mains les deux boules de l'excitateur, pourvu qu'on les saisisse lorsqu'elles sont encore au contact et qu'on les y ramène avant de les abandonner.

D'après M. d'Arsonval, on peut expliquer cette innocuité par l'absence d'excitation ou mieux encore en admettant que ces courants exercent sur les centres nerveux et sur les muscles cette action si remarquable étudiée par Brown-Séquard sous le nom d'*inhibition*.

Production de courants alternatifs à haute fréquence par les machines statiques. — Le Dr S. Leduc a obtenu avec ces machines des courants alternatifs à haute tension et à grande fréquence qui présentent des propriétés analogues à celles des courants de M. Tesla, et qui permettent de répéter le plupart de ses expériences. Il suffit de réunir les armatures externes des deux bouteilles de Leyde par un circuit très résistant. En écartant les boules de l'excitateur, on produit une série de décharges oscillatoires, et le circuit est parcouru par des courants alternatifs à haute tension et à grande fréquence.

Ces courants peuvent être employés en médecine, soit en plaçant le sujet dans le champ magnétique oscillant, soit en l'électrisant à distance par étincelles, soit en mettant une électrode en contact avec la peau.

« Lorsque l'étincelle entre les excitateurs se produit d'une façon continue, on peut tenir les deux électrodes à pleines mains sans percevoir aucune sensation ; mais,

Digitized by Google

si on localise l'action du courant en promenant une pointe métallique mousse à la surface de la peau, le phénomène change complètement. L'action se fait à peine sentir tant que la pointe ne passe pas sur un nerf ; mais aussitôt qu'elle rencontre un nerf sensitif ou moteur, les fonctions de celui-ci sont excitées dans toute sa distribution au-dessous de l'électrode ; la sensation dans les branches des nerfs sensitifs est tellement nette qu'elle permet de déterminer avec une grande précision les limites de la région innervée par le nerf excité. Un déplacement de l'électrode de moins d'un millimètre suffit pour faire disparaître entièrement toute sensation. Ces courants constituent donc un moyen de localiser l'excitation nerveuse mieux qu'on n'a pu le faire jusqu'ici, et cette propriété fait espérer qu'ils seront utiles aux physiologistes pour déterminer les localisations fonctionnelles du système nerveux périphérique ou central. »

Secours à donner aux personnes foudroyées par suite d'un contact accidentel avec des conducteurs électriques à courant continu (1).

ARTICLE PREMIER. — Toute personne foudroyée par suite d'un contact accidentel avec des conducteurs électriques devra toujours, même dans le cas où elle présenterait les apparences de la mort, recevoir avec la plus grande rapidité les soins indiqués ci-après.

Premier cas. — Tout contact a cessé entre le corps de la victime et les conducteurs électriques.

ART. 2. — On appliquera immédiatement le traitement suivant :

(1) Ministère des travaux publics. (Circulaire du 19 août 1895.)

Digitized by Google

Instruction sur les premiers soins à donner aux foudroyés, victimes des accidents électriques, rédigée par l'Académie de Médecine.

On transportera d'abord la victime dans un local aéré où on ne conservera qu'un petit nombre d'aides, trois ou quatre, toutes les autres personnes étant écartées. On desserrera les vêtements et on s'efforcera, le plus rapidement possible, de rétablir la respiration et la circulation. Pour rétablir la respiration, on peut avoir recours principalement aux deux moyens suivants : la traction rythmée de la langue et la respiration artificielle.

1° *Méthode de la traction rythmée de la langue.* — Ouvrir la bouche de la victime, et, si les dents sont serrées, les écarter, en forçant avec les doigts ou avec un corps résistant quelconque : morceau de bois, manche de couteau, dos de cuiller ou de fourchette, extrémité d'une canne, etc.

Saisir solidement la partie antérieure de la langue entre le pouce et l'index de la main droite, nus ou revêtus d'un linge quelconque, d'un mouchoir de poche par exemple (pour empêcher le glissement), et exercer sur elle de fortes tractions répétées, successives, cadencées ou rythmées, suivies de relâchement ; en imitant les mouvements rythmés de la respiration elle-même au nombre d'au moins vingt par minute.

Les tractions linguales doivent être pratiquées sans retard et avec persistance durant une demi-heure, une heure et plus.

2° *Méthode de la respiration artificielle.* — Coucher

Digitized by Google

la victime sur le dos, les épaules légèrement soulevées, la bouche ouverte, la langue bien dégagée.

Saisir les bras à la hauteur des coudes, les appuyer assez fortement sur les parois de la poitrine, puis les écarter et les porter au-dessus de la tête, en décrivant un arc de cercle ; les ramener ensuite à leur position primitive, en pressant sur les parois de la poitrine.

Répéter ces mouvements environ vingt fois par minute, en continuant jusqu'au rétablissement de la respiration naturelle.

Il conviendra de commencer toujours par la méthode de la traction de la langue, en appliquant en même temps, s'il est possible, la méthode de la respiration artificielle.

D'autre part, il conviendra concurremment de chercher à ramener la circulation en frictionnant la surface du corps, en flagellant le tronc avec les mains ou avec des serviettes mouillées, en jetant de temps en temps de l'eau froide sur la figure, en faisant respirer de l'ammoniaque ou du vinaigre.

MESURES D'ORDRE TECHNIQUE.

Deuxième cas. — La victime est encore en contact avec des conducteurs électriques.

Art. 3. — Avant d'appliquer le traitement indiqué par l'Académie de Médecine, le sauveteur doit chercher à séparer le plus rapidement possible la victime des fils électriques, en évitant d'une manière absolue de toucher soit les fils, soit la victime *avec les mains nues*.

L'accident peut se produire avec l'une des circonstances suivantes :

Digitized by Google

A. *Un fil est tombé sur le sol et touche la victime.*

B. *La victime est suspendue.*

Selon l'une ou l'autre de ces circonstances, on opérera comme il est dit ci-après :

A. *Un fil est tombé sur le sol et touche la victime.* — *Écartement des fils.* — Si le sauveteur peut, sans toucher la victime, écarter le fil à l'aide d'un bâton, d'une canne ou d'un outil quelconque *muni d'un manche en bois* (*a*), il le fera en ayant soin :

1° De ne toucher le fil qu'avec le bâton, la canne ou l'outil *muni d'un manche en bois* (*a*).

2° De faire en sorte que le fil, dans cette manœuvre, ne vienne pas toucher le visage ou d'autres parties nues du corps de la victime.

Si le sauveteur ne dispose pas immédiatement d'un bâton, d'une canne ou d'un outil muni d'un manche en bois (*a*), il devra, avant tout, commencer par se recouvrir les deux mains (*b*) soit de gants épais (*c*) soit d'étoffes sèches (*d*) d'une épaisseur suffisante (*b-d*). Cela fait il écartera le fil.

(*a*) Le bois est conseillé parce qu'il est mauvais conducteur de l'électricité et intervient comme corps isolant. Si le manche en bois renferme une tige centrale métallique, il est nécessaire que cette tige soit complètement enveloppée de bois et *n'apparaisse sur aucun point.*

(*b*) Souvent il suffira de retirer sa veste, son paletot, etc., de les mettre sens devant derriere, les mains restant à l'intérieur des manches, qui devront être tamponnées pour former une forte épaisseur entre la peau et le contact à faire. Si on a une blouse, on se l'enroulera autour de la main droite, et autour de la main gauche on enroulera un mouchoir, un gilet, etc.

(*c*) Gants en laine compacte, de préférence genre dit moufles, au besoin plusieurs paires de gants.

(*d*) *Renseignements sur la valeur isolante des étoffes et des vêtements :*

Étoffes. Les étoffes à employer doivent être bien sèches ;

Digitized by Google

Si, pour écarter le fil, il est nécessaire de toucher la victime, le sauveteur devra également, avant de rien faire, commencer par se recouvrir les deux mains comme il est dit au paragraphe précédent.

Pendant cette opération il devra :

1° Avoir soin que le fil ne revienne pas toucher le visage ou d'autres parties nues du corps de la victime.

2° Toucher, autant que possible, la victime par des parties qui ne soient pas humides ou en état de moiteur, telles que les aisselles, les pieds, etc.

Après avoir délivré la victime, on s'empressera de débarrasser des fils la voie publique afin d'éviter de nouveaux accidents.

Déplacement de la victime. — S'il est plus facile de déplacer la victime que d'écarter le fil, on le fera en opérant avec les précautions qui viennent d'être indiquées tant pour le sauveteur (se recouvrir les deux mains (*d*), ne pas prendre la victime par des parties humides) que pour la victime (éviter le contact du fil avec le visage, etc.).

Si la victime a les doigts crispés sur le fil, le sauveteur ouvrira de force la ou les mains de la victime, en écartant les doigts les uns après les autres et en opérant avec les mêmes précautions que ci-dessus.

les plus convenables sont celles en laine; la flanelle et les couvertures en laine sont particulièrement convenables.

Les étoffes en fil et en coton sont moins convenables, surtout en raison de leur faible épaisseur; avec une épaisseur minimum de 5 millimètres on a toute garantie, même avec les étoffes les moins convenables.

Vêtements. Par analogie avec ce qui vient d'être dit, il faut prendre les draps en laine compacte de préférence et, dans le cas d'emploi de blouses en coton ou en toile, s'arranger pour avoir largement l'épaisseur minimum indiquée.

Digitized by Google

B. *La victime est suspendue. — Prévoir sa chute et prendre à cet effet les précautions convenables.* — A l'aide d'une échelle ou de tout autre moyen, on tâchera de s'élever jusqu'à la victime et de la délivrer en prenant pour la toucher ou pour toucher les fils les précautions indiquées ci-dessus.

Cette opération est surtout urgente et doit être tentée par les moyens les plus rapides, *si la victime est en contact avec deux fils différents.*

Si elle est suspendue à un seul fil, le danger immédiat qu'elle court est moindre et l'on a un peu plus de temps, ce qui permet d'opérer d'une façon plus sûre.

Quand on aura atteint la victime, on la suspendra par des cordes ou on l'accrochera par ses vêtements, et on la descendra en évitant qu'elle soit mise de nouveau en contact avec les fils.

Si on ne peut éviter la chute, on prendra les précautions nécessaires pour l'amortir et la rendre aussi inoffensive que possible au moyen de matelas, de bottes de paille, etc., étendus sur le sol.

Si on ne peut atteindre la victime et la dégager, prévenir l'usine le plus vite possible.

Art. 4. — Dans aucun cas, le sauveteur ne doit toucher un fil sans s'être recouvert les deux mains comme il est expliqué à l'article 3.

Si des rails sont placés sur le sol, il doit éviter de les toucher même avec ses chaussures.

Alors même que les deux mains sont recouvertes, conformément aux prescriptions, le sauveteur ne doit, en aucun cas, toucher simultanément deux fils différents et il s'abstiendra de toute manœuvre qui mettrait la victime en contact avec deux fils différents.

Les personnes étrangères au service, à moins d'être

Digitized by Google

très exercées au maniement des fils et appareils électriques et d'en connaître parfaitement toutes les causes de danger, ne doivent en aucun cas :

1° *Couper un ou plusieurs conducteurs électriques ;*

2° *Chercher à établir un court circuit.*

Ces opérations ne peuvent être faites utilement et sans danger que par les personnes compétentes.

En se conformant exactement aux précautions indiquées ci-dessus, le sauveteur ne court aucun risque, quand bien même il ressentirait accidentellement quelques secousses.

Secours à donner aux personnes foudroyées par suite d'un contact accidentel avec des conducteurs électriques à courants alternatifs ou redressés.

ARTICLE PREMIER. — Toute personne foudroyée par suite d'un contact accidentel avec des conducteurs électriques, devra toujours, *même dans le cas où elle présenterait les apparences de la mort*, recevoir avec la plus grande rapidité les soins indiqués ci-après :

Premier cas. — Tout contact a cessé entre le corps de la victime et les conducteurs électriques.

ART. 2. — On appliquera immédiatement le traitement suivant :

Instruction sur les premiers soins à donner aux foudroyés, victimes des accidents électriques, rédigée par l'Académie de Médecine.

On transportera d'abord la victime dans un local aéré où on ne conservera qu'un petit nombre d'aides,

Digitized by Google

trois ou quatre, toutes les autres personnes étant écartées.

On desserrera les vêtements et on s'efforcera, *le plus rapidement possible*, de rétablir la respiration et la circulation.

Pour rétablir la respiration, on peut avoir recours principalement aux deux moyens suivants : la traction rythmée de la langue et la respiration artificielle.

1° *Méthode de la traction rythmée de la langue.* — Ouvrir la bouche de la victime et, si les dents sont serrées, les écarter en forçant avec les doigts ou avec un corps résistant quelconque : morceau de bois, manche de couteau, dos de cuiller ou de fourchette, extrémité d'une canne, etc.

Saisir solidement la partie antérieure de la langue entre le pouce et l'index de la main droite, nus ou revêtus d'un linge quelconque, d'un mouchoir de poche par exemple (pour empêcher le glissement), et exercer sur elle de fortes tractions répétées, successives, cadencées ou rythmées, suivies de relâchements, en imitant les mouvements rythmés de la respiration elle-même au nombre d'au moins vingt par minute.

Les tractions linguales doivent être pratiquées sans retard et avec persistance durant une demi-heure, une heure et plus.

2° *Méthode de la respiration artificielle.* — Coucher la victime sur le dos, les épaules légèrement soulevées, la bouche ouverte, la langue bien dégagée.

Saisir les bras à la hauteur des coudes, les appuyer assez fortement sur les parois de la poitrine, puis les écarter et les porter au-dessus de la tête, en décrivant un arc de cercle, les ramener ensuite à leur position

Digitized by Google

primitive, en pressant sur les parois de la poitrine.

Répéter ces mouvements environ vingt fois par minute, en continuant jusqu'au rétablissement de la respiration naturelle.

Il conviendra de commencer toujours par la méthode de la traction de la langue, en appliquant en même temps, s'il est possible, la méthode de la respiration artificielle.

D'autre part, il conviendra concurremment de chercher à ramener la circulation en frictionnant la surface du corps, en flagellant le tronc avec les mains ou avec des serviettes mouillées, en jetant de temps en temps de l'eau froide sur la figure, en faisant respirer de l'ammoniaque ou du vinaigre.

MESURES D'ORDRE TECHNIQUE.

Deuxième cas. — La victime est encore en contact avec les conducteurs électriques.

Art. 3. — Avant d'appliquer le traitement indiqué par l'Académie de Médecine, le sauveteur doit chercher à séparer le plus rapidement possible la victime des fils électriques, en évitant d'une manière absolue de toucher soit les fils soit la victime *avec les mains nues.*

L'accident peut se produire avec l'une des circonstances suivantes :

A. *Un fil est tombé sur le sol et touche la victime ;*

B. *La victime est suspendue.*

Selon l'une ou l'autre de ces circonstances, on opérera comme il est dit ci-après.

A. *Un fil est tombé sur le sol et touche la victime. — Écartement des fils.* — Si le sauveteur peut, sans avoir à toucher la victime, écarter le fil à l'aide d'un

Digitized by Google

bâton, d'une canne ou d'un outil quelconque *muni d'un manche en bois* (*a*), il le fera en ayant soin :

1° De ne toucher le fil qu'avec le bâton, la canne ou l'outil *muni d'un manche en bois* (*a*);

2° De faire en sorte que le fil, dans cette manœuvre, ne vienne pas toucher le visage ou d'autres parties nues du corps de la victime.

Si le sauveteur ne dispose pas immédiatement d'un bâton, d'une canne ou d'un outil muni d'un manche en bois (*a*), il devra, avant tout, commencer par se recouvrir les deux mains (*b*) soit de gants épais (*c*), soit d'étoffes sèches (*d*) d'une épaisseur suffisante (*b-d*). Cela fait, il écartera le fil.

(*a*) — Le bois est conseillé parce qu'il est mauvais conducteur de l'électricité et intervient comme corps isolant. Si le manche en bois renferme une tige centrale métallique, il est nécessaire que cette tige soit complètement enveloppée de bois et *n'apparaisse sur aucun point.*

(*b*). — Il suffira souvent de retirer sa veste, son paletot, etc., et de les mettre sens devant derrière, les mains restant à l'intérieur des manches, qui devront être tamponnées pour former une forte épaisseur entre la peau et le contact à faire. Si on a une blouse, on se l'enroulera autour de la main droite et, autour de la main gauche, on enroulera un mouchoir, un gilet, etc.

(*c*) — Gants en laine compacte, de préférence genre moufles ; au besoin plusieurs paires de gants.

(*d*) — *Renseignements sur la valeur isolante des étoffes et des vêtements :*

Étoffes. Les étoffes à employer doivent être bien sèches ; les plus convenables sont celles en laine ; la flanelle et les couvertures en laine sont particulièrement convenables.

Les étoffes en fil et en coton sont moins convenables, surtout en raison de leur faible épaisseur ; avec une épaisseur minimum de 5 millimètres on a toute garantie, même avec les étoffes les moins convenables.

Vêtements. Par analogie avec ce qui vient d'être dit, il faut prendre les draps en laine compacte de préférence et, dans le cas d'emploi de blouses en coton ou en toile, s'arranger pour avoir largement l'épaisseur minimum indiquée.

Digitized by Google

Après avoir délivré la victime, on s'empressera de débarrasser des fils la voie publique afin d'éviter de nouveaux accidents.

Coupure du fil. — Si le sauveteur ne peut écarter le fil, il devra le couper à l'aide d'un outil tranchant à manche *non métallique*, comme une hache à manche de bois sec.

Il fera successivement deux coupures en deux points situés de part et d'autre de la victime.

Il n'est pas nécessaire de couper le fil près de la victime ; il est préférable de le couper près des poteaux de suspension, de façon que les parties restant adhérentes à ces poteaux ne touchent pas le sol ou ne le touchent que sur la plus petite longueur possible.

Pendant que l'on coupe le fil, il faut veiller à ce qu'il ne rebondisse pas et n'aille toucher ni la victime ni le sauveteur. On pourra dans ce but maintenir le fil sous le pied par l'intermédiaire de matières isolantes, telles que bois sec, planches, fagots, bottes de paille, vêtements secs, cordes sèches, etc.

Dégagement de la victime. — Si on ne peut effectuer les coupures des fils électriques dans les conditions qui viennent d'être indiquées, si le sauveteur est obligé de toucher la victime et s'il y a crispation des membres de la victime, des doigts par exemple, l'opérateur, avant de rien faire, devra commencer par se recouvrir les deux mains soit de gants (note *c*), soit d'étoffes sèches d'une épaisseur suffisante (notes *b* et *d*).

Puis il ouvrira de force la ou les mains de la victime, en écartant les doigts les uns après les autres.

Pendant cette opération : 1° Avoir soin que le fil ne revienne pas toucher le visage ou d'autres parties nues du corps de la victime. 2° Toucher autant que

Digitized by Google

possible la victime par des parties qui ne soient pas en état de moiteur, telles que les aisselles, les pieds, etc.

B. *La victime est suspendue. — Prévoir sa chute et prendre à cet effet les précautions convenables.*

A l'aide d'une échelle ou de tout autre moyen, on tâchera de s'élever jusqu'à la victime et de la délivrer en coupant le fil.

Le seul instrument convenable dans ce cas pour couper un fil est une cisaille; mais, comme le manche est généralement métallique, il faudra, avant d'employer cet outil, ou bien se couvrir les deux mains, comme il est expliqué à l'article 3, ou bien entourer le manche de l'instrument d'une épaisseur suffisante d'étoffes sèches (note *d*).

Quand on aura atteint la victime, on la suspendra par des cordes ou on l'accrochera par ses vêtements et on la descendra, en évitant qu'elle soit mise de nouveau en contact avec les fils.

Si on ne dispose d'aucun moyen pour arriver à la victime, ou si, disposant d'une échelle, on ne possède pas un instrument convenable pour couper le fil et opérer comme il vient d'être expliqué, on devra prévenir l'usine le plus vite possible.

Art. 4. — Dans aucun cas, le sauveteur ne doit toucher un fil sans s'être recouvert les deux mains, soit de gants épais (note *c*), soit d'étoffes sèches d'une épaisseur suffisante (notes *b* et *d*).

Si des rails sont placés sur la voie publique, il doit éviter de les toucher même avec ses chaussures.

Même les deux mains étant recouvertes conformément aux prescriptions, le sauveteur *ne doit, dans aucun cas, toucher simultanément deux fils différents et il doit*

Digitized by Google

s'abstenir de toute manœuvre qui mettrait la victime en contact avec deux fils différents.

Les personnes étrangères au service, à moins d'être très exercées au maniement des fils et appareils électriques et d'en connaître parfaitement toutes les causes de danger, ne doivent, en aucun cas, *chercher à établir un court-circuit.*

Cette opération ne peut être faite utilement et sans danger que par des personnes compétentes.

En se conformant exactement aux précautions indiquées ci-dessus, le sauveteur ne court aucun risque, quand bien même il ressentirait accidentellement quelques secousses.

Digitized by Google

CHAPITRE XIII

MOTEURS ÉLECTRIQUES

Moteurs à courant continu : Fives-Lille, Lundell, Thomson-Houston W. P. — *Moteurs à courants alternatifs* : 1° à champ magnétique constant : Zipernowsky ; 2° à champ alternatif ; 3° à champ tournant : Hutin et Leblanc, Creusot, Brown, Tesla, Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft.

MOTEURS A COURANT CONTINU.

Moteur de la Compagnie de Fives-Lille. — La Compagnie de Fives-Fille fabrique des moteurs multipolaires, à courant continu, dont les inducteurs sont venus de fonte avec le bâti et les supports de paliers. Une particularité de la carcasse polaire consiste en un cylindre creux en fonte ou anneau polaire, reliant magnétiquement tous les pôles de l'inducteur : ce système a l'avantage de permettre au changement de polarité de l'induit de se faire graduellement, sans aucune étincelle au collecteur.

L'enroulement de ces machines est du type à tambour. Il consiste en une seule couche de barres de cuivre rectangulaires, soudées à leurs extrémités et avec le collecteur, et disposées de manière à former à chaque bout deux couches superposées offrant l'aspect

Digitized by Google

d'un grillage. On crée ainsi des interstices qui permettent à l'air de circuler et facilitent, le cas échéant, le remplacement des barres.

Pour éviter l'échauffement pendant les longues marches, les bras portant le noyau feuilleté sont en hélice, ce qui produit une ventilation énergique dans l'intérieur de l'induit tournant.

Deux modèles de ces moteurs figuraient à l'Exposition de Lyon : l'un, d'une puissance de 45 chevaux disponibles, sous une tension de 120 volts, à la vitesse de 630 tours par minute, actionnait par courroie une dynamo à courants triphasés; l'autre avait une puissance de 22 chevaux, sous une tension de 120 volts, à la vitesse de 70 tours par minute.

L'exposition de cette Société comprenait en outre dix autres moteurs bipolaires. L'un, de 6 chevaux, commandait la transmission fixée sur le pont militaire exposé par la Compagnie; un autre, de 10 chevaux, actionnait un treuil électrique roulant placé sur le même pont.

Le reste se composait d'une série de petits moteurs à courant continu, de 1/16, 1/8, 1/4, 1/2, 1, 1,5, 2,5 et 4 chevaux.

Les noyaux des électros des moteurs bipolaires sont en acier, d'une seule pièce avec la culasse. Le grand nombre de segments du collecteur, ainsi que les bonnes proportions de toutes les parties, font que ces moteurs peuvent fonctionner sans étincelles à une charge quelconque jusqu'à leur puissance normale, sans qu'il soit nécessaire de décaler les balais.

Les deux moteurs de 45 et de 22 chevaux, cités plus haut, sont démarrés au moyen d'un rhéostat liquide. Les autres, à l'exception des deux plus petits, possèdent

Digitized by Google

Fig. 105. — Moteur Lundell (inducteurs démontés).

Digitized by Google

un rhéostat métallique de démarrage combiné dans le même appareil avec le régulateur de champ magnétique.

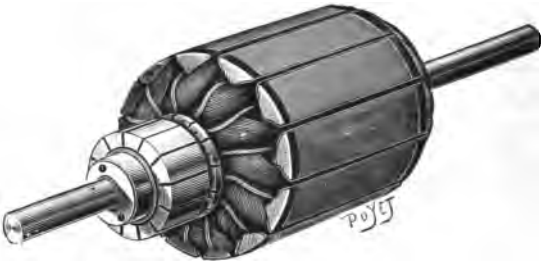

Fig. 106. — Induit du moteur Lundell.

Moteur Lundell. — Ce moteur, construit par l'*Interior Conduit and Insulation Company*, New-York, se distingue par la simplicité de sa construction et la facilité

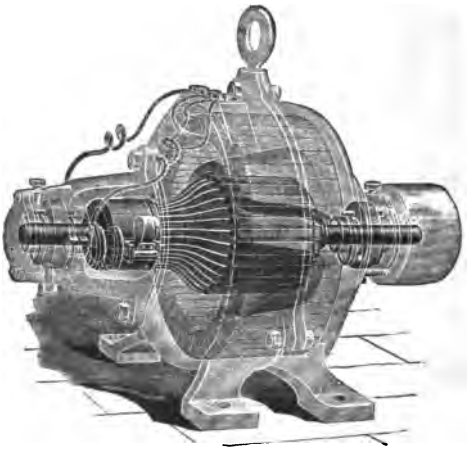

Fig. 107. — Moteur Lundell.

Digitized by Google

avec laquelle on peut démonter toutes les pièces pour les réparer. Les inducteurs sont formés d'une boîte de fonte en deux parties présentant un évidement central et des saillies intérieures destinées à former les pièces polaires (fig. 105). Dans cette boîte se place une bobine circulaire, rendue rigide par un ruban enduit de gomme-laque, et qui se trouve ainsi complètement entourée par les flasques en fonte ; on évite donc les

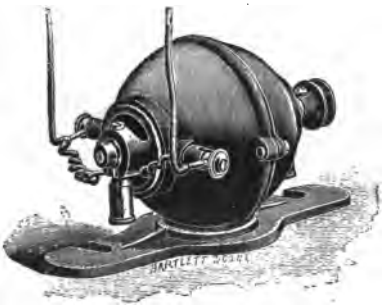

Fig. 108. — Moteur Lundell pour pianos automatiques.

dérivations magnétiques extérieures et l'on réduit beaucoup la résistance magnétique, ce qui rend très faible la dépense d'énergie nécessaire pour l'excitation.

L'induit (fig. 106) est formé d'un tambour en feuilles de tôle minces, muni de rainures longitudinales dans lesquelles sont encastrés les fils, ce qui donne une grande solidité et une faible résistance magnétique ; cet organe peut être enlevé sans démonter les inducteurs.

Le courant est recueilli au moyen de deux prismes de charbon guidés dans une pièce en bronze et pressés

Digitized by Google

sur le collecteur par une lame élastique en forme d'U.

La figure 107 montre l'aspect extérieur de cet appareil ; les organes extérieurs ont été supposés transparents, afin de laisser voir l'induit.

Les divers modèles de ce moteur présentent une puissance de $\frac{1}{16}$ de cheval à 5 chevaux. Celui qui est repré-

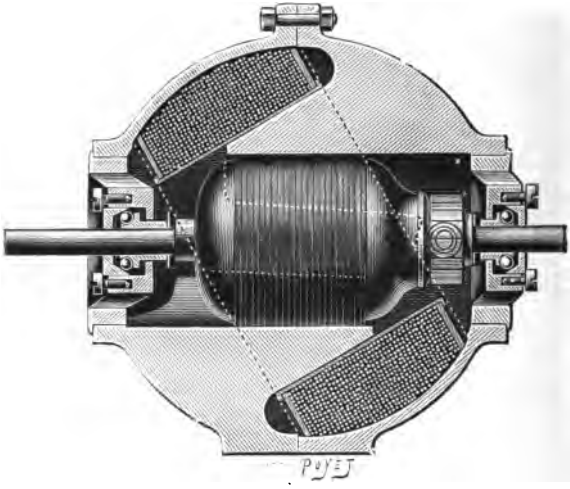

Fig. 109. — Coupe du moteur sphérique Lundell.

senté (fig. 108) est de $\frac{1}{16}$ de cheval et possède une faible vitesse angulaire. Il est fixé sur une plaque de fonte munie de deux échancrures, ce qui permet de le déplacer légèrement pour faire varier la tension de la courroie. Ce modèle est exclusivement employé en Amérique par la *Automaton Piano C°*, pour actionner les pianos mécaniques. Il peut servir aussi pour les

Digitized by Google

machines à coudre, les ventilateurs et tous les travaux légers. L'enveloppe extérieure est peinte d'un vernis noir du Japon, avec filets rouge et or.

Dans ce modèle, l'induit est encore à tambour,

Fig. 110. — Moteur W. P. pour tramways (Thomson-Houston).

mais l'inducteur est sphérique ; ce dernier possède une seule bobine, disposée à 45°, très facile à examiner et à changer (fig. 109). On a ainsi un circuit magnétique très court, comme dans le modèle précédent.

Digitized by Google

L'induit reçoit le courant par deux crayons de charbon placés normalement aux lames du collecteur et exerçant sur lui une pression constante; pour cela ces crayons sont logés dans un tube contenant un ressort à boudin.

Nouveau moteur Thomson-Houston pour tramways. — Dans la construction des tramways électriques, on tend aujourd'hui à diminuer considérablement la vitesse angulaire des moteurs et par conséquent à supprimer une des deux paires de roues employées jusqu'ici. La Compagnie Thomson-Houston construit un nouveau modèle de moteur qui satisfait à ces conditions, et dans lequel le circuit magnétique est très bien disposé et les pièces mobiles parfaitement protégées. La figure 110 montre ce moteur monté sur l'essieu, avec l'inducteur supérieur soulevé pour laisser voir les détails de construction. Les inducteurs, à deux pôles, ne possèdent qu'une seule bobine, placée à la partie supérieure : une boîte en fonte d'acier entoure l'induit et prolonge le circuit magnétique jusqu'au pôle inférieur. Cette boîte protège en même temps les parties délicates de l'appareil contre l'eau, la boue et les avaries mécaniques : d'où le nom de *water-proof* (W. P.) donné à ce moteur.

MOTEURS A COURANTS ALTERNATIFS.

Ces moteurs peuvent se diviser en trois classes, suivant la nature du champ magnétique, qui peut être *constant*, *alternatif* ou *tournant* (1).

(1) Hospitalier, *Bull. de la Soc. française de Phys.*, 1891.

Digitized by Google

Moteurs à champ magnétique constant. — Les premiers, qui sont les plus anciens, sont fondés sur la réversibilité des machines à courants alternatifs : le champ magnétique constant peut être produit par un aimant ou par un électro-aimant; ce dernier peut être excité, soit par le courant continu d'une source spéciale, soit par une dérivation, préalablement redressée, du courant de ligne. Dans ces appareils, l'induit doit être lancé tout d'abord avec une vitesse angulaire correspondant à la fréquence du courant alternatif de la ligne; il continue alors à se mouvoir synchroniquement et suit toutes les variations de vitesse de la génératrice. Si le couple résistant devient trop fort, le synchronisme cesse et la rotation s'arrête assez rapidement.

Les moteurs à aimant ou à électro-aimant excités par un courant continu sont peu répandus, à cause de la difficulté d'amener le synchronisme et d'exciter l'inducteur par une source étrangère dans le cas de grandes puissances, ainsi que de l'obligation de marcher à vitesse rigoureusement constante.

Moteur Zipernowsky. — MM. Zipernowsky, Déri et Blathy excitent l'inducteur par une dérivation du courant de ligne, contenant un redresseur de courants; l'appareil devient ainsi auto-excitateur et démarre instantanément, pourvu que ce soit à vide; on évite donc à peu près complètement les défauts que nous venons de signaler.

La disposition de ce moteur est semblable à celle de la dynamo type A, sauf pour le type de faible puissance (fig. 111), qui en diffère légèrement.

Dans ces moteurs, le nombre des tours est parfaitement constant, quelle que soit la charge, et ne

Digitized by Google

dépend que des alternances du courant, dont le nombre reste fixe (5 000 par minute). La communication du courant est proportionnelle au débit, sans aucun réglage mécanique, et le rendement atteint toujours 80 p. 100, même avec les petits moteurs.

Cet appareil n'exige d'autres accessoires que des commutateurs et un rhéostat à main pour la mise en marche. La manœuvre est extrêmement simple.

Les petits moteurs se disposent, comme des lampes,

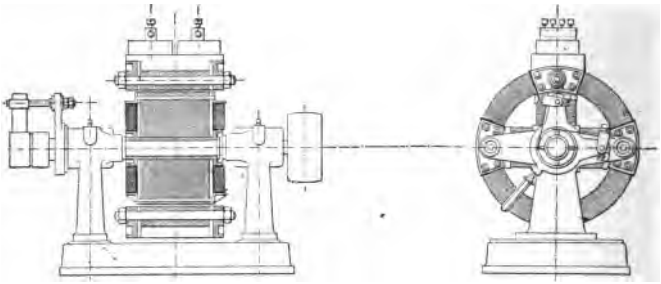

Fig. 111. — Moteur à courants alternatifs de MM. Zipernowsky, Déri et Blathy.

sur le réseau secondaire alimenté par les transformateurs, tandis que les moteurs plus importants, pouvant recevoir sans danger des courants de haute tension, se placent directement sur la canalisation des dynamos à courants alternatifs. Ces moteurs peuvent donc être utilisés sur toute installation de courants alternatifs déjà existante, sans lui faire subir le moindre changement, d'où résulte une grande économie.

Des expériences faites à Francfort par une Commission nommée par la municipalité, expériences renouvelées en France, ont montré qu'en faisant brusquement

Digitized by Google

passer l'appareil de la marche à vide à une charge de 140 p. 100 de la charge normale, l'électromoteur ne subissait aucun ralentissement, non plus qu'aucune accélération lorsqu'on le décharge brusquement.

Lorsque la résistance opposée à l'électromoteur dépasse fortuitement celle qu'il est capable de vaincre, l'appareil s'arrête purement et simplement et n'est exposé à aucun désordre, alors qu'un moteur à courant continu serait mis hors de service.

D'ailleurs ces appareils conviennent surtout pour les faibles puissances et lorsque le démarrage peut être fait à vide.

Moteurs à champ alternatif. — Une dynamo à courant continu, montée soit en série, soit en dérivation, peut fonctionner comme moteur, si on lance dans l'inducteur et dans l'induit un même courant alternatif. Mais, dans un tel système, l'inducteur doit être feuilleté, afin de diminuer les courants de Foucault, et la self-induction est toujours considérable. Aussi ce dispositif n'est guère employé que pour de petits moteurs, servant par exemple à actionner des ventilateurs domestiques, et absorbant 1 ou 2 ampères avec une différence de potentiel efficace de 50 volts. Ces petits appareils sont très employés en Amérique.

Si l'on supprime le fer dans l'inducteur et dans l'induit, le couple moteur est proportionnel au produit des intensités dans ces deux organes (compteur E. Thomson).

M. Mordey a amélioré le rendement en plaçant sur l'axe même du moteur un redresseur de courants. Dans cette classe rentrent aussi les moteurs à induit fermé, fondés sur les expériences de répulsions électrodynamiques de M. E. Thomson.

Digitized by Google

Moteurs à champ tournant. — Nous avons indiqué plus haut (1) le principe de ces moteurs : ils peuvent être alimentés, soit par des courants alternatifs simples, entre lesquels on produit la différence de phase nécessaire, soit par des courants polyphasés, fournis sous cette forme par la génératrice. Vu l'importance prise par ces appareils, encore tout récents, nous citerons quelques exemples.

Moteur à courants diphasés de MM. Hutin et Leblanc. — MM. Hutin et Leblanc alimentent leur moteur par des courants alternatifs simples, ce qui permet de réduire à deux le nombre des fils de ligne, et produisent le décalage à l'arrivée au moyen d'un ou de plusieurs condensateurs, de capacité convenable. La figure 112 montre les deux dispositions employées : dans l'une, l'inducteur comprend deux séries de bobines montées en dérivation, et dont l'une est placée en tension avec le condensateur. Dans l'autre montage, les deux circuits inducteurs sont placés en tension sur la ligne et le condensateur est mis en dérivation sur l'un des circuits.

Les moteurs à champ tournant de MM. Hutin et Leblanc présentent en outre une disposition spéciale pour empêcher que l'induit soit parcouru par un courant d'intensité trop considérable, ce qui pourrait mettre rapidement la machine hors de service et provoquerait des baisses de potentiel considérables dans la ligne au moment du démarrage du moteur. Des rhéostats en nombre égal à celui des circuits mobiles de la machine peuvent être insérés dans ces circuits. Ces rhéostats sont assujettis à être manœuvrés simul-

(1) Voy. *Champ tournant* et *Courant polyphasé.*

Digitized by Google

tanément. Dans ces conditions, il est possible d'éviter

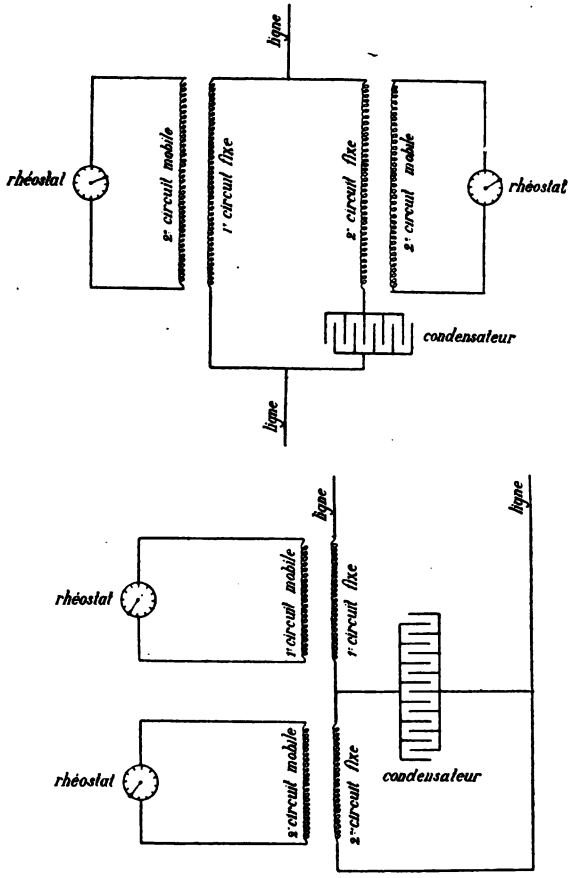

Fig. 112. — Schéma du moteur à champ tournant Hutin et Leblanc.

un courant trop considérable tout en laissant le couple

Digitized by Google

moteur, développé sur l'axe de la machine, indépendant de sa vitesse de rotation.

Moteur à courants diphasés du Creusot. — MM. Schneider et Cie construisent des moteurs à courants diphasés qu'ils actionnent au moyen des alternateurs Zipernowsky, décrits p. 69. Dans ces électromoteurs, la partie fixe est semblable à celle des génératrices de même puissance, mais avec un nombre double de pôles. L'armature mobile se compose d'un cylindre creux portant des rainures à l'extérieur. Cette armature est feuilletée, afin d'éviter l'influence des courants de Foucault dans le démarrage; elle est évidée dans la partie centrale, à la manière d'un anneau, afin de l'alléger.

Le fil est placé uniquement à la surface extérieure de ce cylindre, et passe d'une rainure à l'autre de manière à former des bobines plates en forme de spirale.

Le modèle représenté (fig. 113) a une puissance de 30 chevaux et porte 16 pôles, soit pour chaque courant 8 pôles montés en série et enroulés alternativement dans les deux sens. La vitesse angulaire du champ tournant est d'environ 630 tours par minute. L'armature porte 96 rainures, soit 6 pour chaque intervalle de pôles. Chaque bobine induite contient deux intervalles de pôles entre ses spires les plus écartées. L'ensemble comprend deux bobinages superposés, formés chacun de 8 bobines, montées en série et enroulées alternativement dans les deux sens. Le second bobinage chevauche sur le premier d'un demi-intervalle de bobines ou d'un intervalle entier des pôles de la partie fixe.

Chacune des deux couches de bobines pourrait être

Digitized by Google

fermée sur elle-même, s'il n'était indispensable d'in-

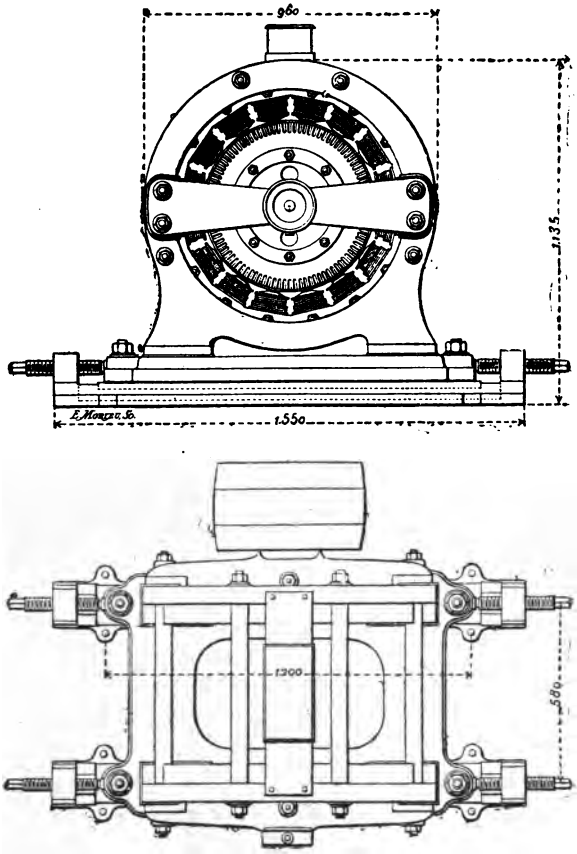

Fig. 113. — Moteur à courants diphasés du Creusot.

tercaler une résistance variable dans chacun de ces deux circuits au moment du démarrage, afin d'éviter

Digitized by Google

à cet instant la production de courants trop intenses par rapport à ceux de la ligne. Pour cela, deux des quatre extrémités libres des bobinages sont réunies en une seule, ce qui donne trois fils libres, dont un commun. Ces trois fils communiquent avec trois bagues, munies de frotteurs qui sont reliés eux-mêmes avec deux rhéostats liquides, formés de cuves à sulfate de cuivre. Pour la mise en marche, on éloigne le plus possible les électrodes ; on les rapproche ensuite progressivement jusqu'au contact.

Ces moteurs sont employés aux mines de Decize pour actionner des ventilateurs.

Moteur à courants diphasés de Brown. — La figure 114 montre un moteur à courants biphasés de 4,5 kilowatts construit par la maison Brown Boveri et Cie, de Baden (Suisse), qui fonctionne avec une différence de potentiel efficace de 100 volts et une fréquence de 40 périodes par seconde. Les circuits inducteurs sont placés dans 40 cannelures contenant chacune 9 fils de 3,8 millimètres de diamètre. L'induit, en forme de cage d'écureuil, est constitué par 37 barres de cuivre de 9 millimètres de diamètre, soudées à leurs extrémités sur deux couronnes en cuivre. L'épaisseur de l'entrefer ne dépasse pas 0,5 millimètre. Grâce à cette faible épaisseur, le circuit magnétique est très court et il faut moins de spires pour amener l'induction magnétique efficace à sa valeur normale, ce qui réduit la self-induction du moteur et le glissement à pleine charge normale.

Le graissage est produit par des bagues.

Moteur à courants diphasés de la Westinghouse C°. — Les moteurs construits actuellement par la *Westinghouse Electric and Manufacturing C°*, à Pittsburg,

Digitized by Google

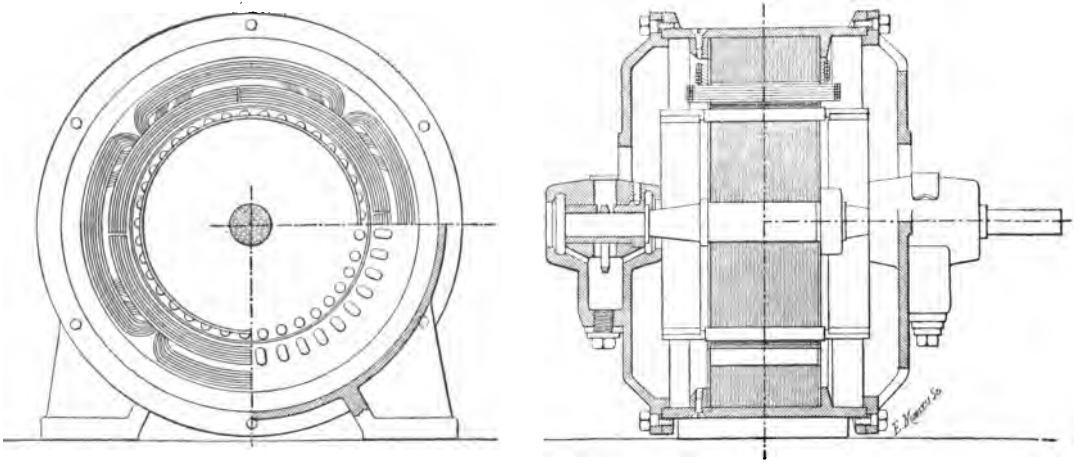

Fig. 114. — Moteur à courants diphasés de 4, 5 kilowatts (Brown Boveri).

Digitized by Google

ont l'inducteur mobile et l'induit fixe. L'inducteur porte un enroulement tout à fait analogue à celui d'un anneau Gramme multipolaire; ce circuit communique avec trois bagues, sur lesquelles frottent des balais reliés aux deux circuits diphasés.

L'induit fixe se compose d'anneaux en tôle mainte-

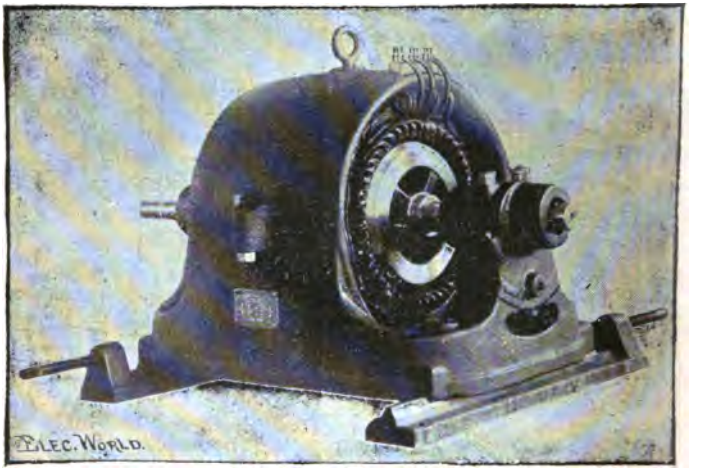

Fig. 115. — Moteur à courants diphasés de 5 chevaux.

nus par une couronne de fonte ; l'enroulement, réparti sur toute la circonférence, forme deux circuits distincts, dans lesquels on peut introduire des résistances convenables pour faciliter le démarrage ; ces résistances sont mises en court circuit dès que le moteur a pris sa vitesse.

Dans les types inférieurs à 4 kilowatts (fig. 115), il n'y a pas de rhéostat de démarrage.

L'enroulement est établi pour une différence de po-

Digitized by Google

tentiel efficace de 200 ou de 400 volts et des fréquences de 25 ou de 60 périodes par seconde.

Moteurs biphasés de Tesla. — Ces moteurs sont construits par les usines du Creusot; ils présentent deux types différents, l'un pour les puissances inférieures à 10 chevaux, l'autre pour les puissances supérieures à cette limite.

Le système inducteur fixe est alimenté directement par le circuit extérieur à haute tension pour les moteurs du second type; pour ceux du premier, il est excité soit directement par le circuit extérieur à tension relativement basse, soit par le circuit secondaire d'un transformateur.

Pour le premier modèle, le noyau inducteur est formé de tôles d'une seule pièce, assemblées par des flasques en bronze. Pour le second, la carcasse du système inducteur est identique à celle des alternateurs Zipernowsky, Déri et Blathy, sauf pour ce qui concerne le nombre des pôles, qui a dû être doublé afin de pouvoir maintenir les mêmes vitesses angulaires que celles adoptées pour les alternateurs. Les avantages inhérents à la construction des alternateurs Zipernowsky, Déri et Blathy sont ainsi entièrement conservés dans les moteurs asynchrones, ce qui permet, entre autres applications, de faire fonctionner ces appareils directement sur le courant primaire d'une distribution et de supprimer de ce fait les transformateurs réducteurs de tension.

Le système inducteur des moteurs Tesla se compose de deux séries de paires de pôles alternativement de noms contraires, chaque série étant alimentée par l'un des deux courants de la distribution (fig. 116 et 117).

Digitized by Google

L'induit est toujours en forme de tambour; il se

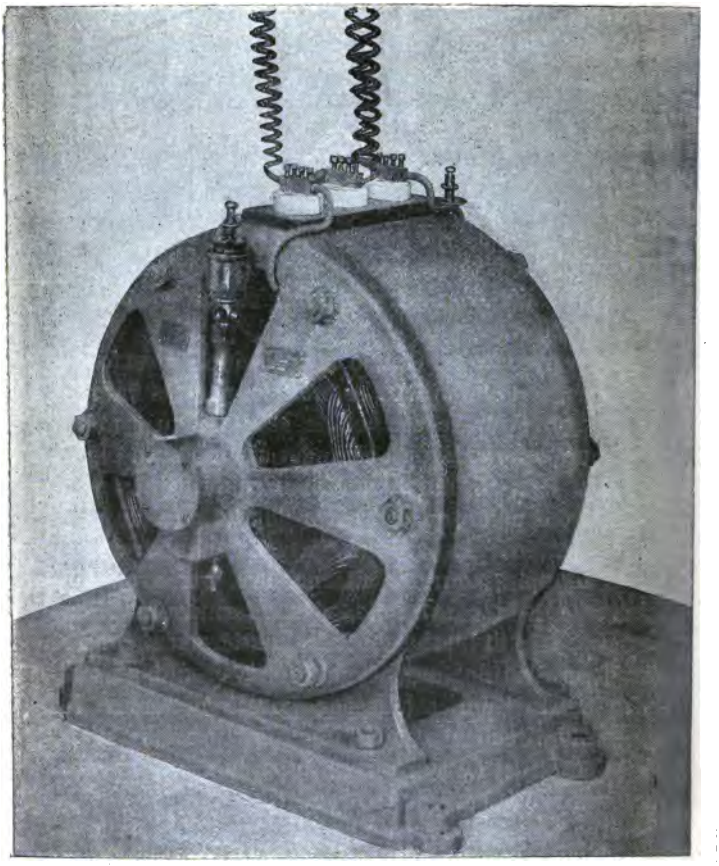

Fig. 116. — Moteur Tesla de 6 chevaux.

compose de tôles assemblées sur l'arbre et portant des

Digitized by Google

rainures, dans lesquelles vient se loger le bobinage, qui comprend deux circuits. Dans les petits modèles,

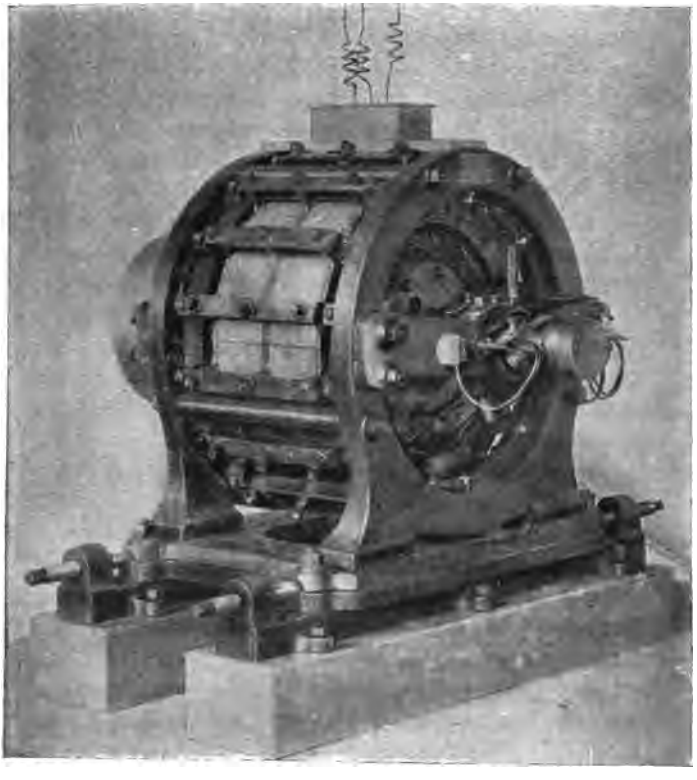

Fig. 117. — Moteur Tesla de 20 chevaux.

ces circuits sont fermés sur eux-mêmes directement; dans les gros modèles, ils communiquent par trois bagues et trois frotteurs métalliques avec des rhéostats

Digitized by Google

de démarrage, permettant de mettre l'appareil en marche et de l'arrêter graduellement et sans à-coup, de sorte que ces opérations n'influent pas sur le fonctionnement des lampes branchées sur le même réseau.

Les électromoteurs biphasés du système Tesla démarrent à pleine charge et même avec surcharge, avec une intensité de courant ne dépassant pas celle de la marche normale pour les types munis de frotteurs, et peu supérieure à celle-ci pour les petits modèles qui n'ont pas de frotteurs.

L'écart de vitesse entre la marche à blanc et la marche en charge est de 10 p. 100 environ pour les petits modèles et n'atteint pas 5 p. 100 pour les puissances supérieures à 10 chevaux.

Les petits modèles étant dépourvus de tout contact mobile, et le graissage s'effectuant au moyen de bagues noyées dans l'huile, on peut les abandonner à eux-mêmes pendant très longtemps sans avoir aucun accident à redouter.

Enfin ces moteurs peuvent également être dans certains cas employés d'une façon avantageuse comme moteurs synchrones pour la marche normale. Il suffit pour cela, une fois le démarrage en charge effectué, l'appareil fonctionnant d'abord comme moteur asynchrone, de lancer dans l'induit un courant continu provenant d'une source extérieure quelconque. Cette disposition, quoiqu'un peu plus compliquée que celle d'un moteur à courants alternatifs simples, est néanmoins tout indiquée lorsque l'on désire à la fois pouvoir démarrer en charge et obtenir la marche synchrone de la réceptrice avec la génératrice, ce qui a pour conséquence d'élever le rendement et de faire travailler le moteur à une charge de 25 p. 100 supé-

Digitized by Google

rieure à celle des moteurs synchrones ordinaires de même puissance.

Moteurs triphasés de l'Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft. — Cette Société construit des moteurs à courants triphasés, qui ont figuré à l'Exposition de Chicago. Dans tous les modèles, on a adopté la plus basse fréquence compatible avec un bon fonctionnement des lampes à arc, pour permettre d'associer les lampes et les moteurs dans une même distribution; on a choisi pour cela 50 périodes par seconde, avec une différence de potentiel efficace de 60 volts par enroulement et de 100 volts entre deux quelconques des trois fils.

La construction de l'induit a été notablement simplifiée, en supprimant les dispositions qui permettent d'introduire des résistances dans le circuit induit au moment du démarrage. Le rendement industriel à charge normale est compris entre 71 et 91 p. 100; l'échauffement n'est pas exagéré, même après une longue marche : le type de 50 chevaux ne s'échauffe que de 40 à 50° C., après une marche continue de 8 heures.

Digitized by Google

CHAPITRE XIV

APPAREILS DE LEVAGE ET AUTRES MUS PAR L'ÉLECTRICITÉ

Grue électrique. — Treuil. — Pont roulant. — Ascenseur. — Haveuse. — Ventilateurs.

Grue électrique. — La figure 118 montre une grue roulante légère, destinée à l'arrimage des sacs de sucre et autres petits colis, et qui est en service dans les magasins et entrepôts de Paris, le Havre, Roubaix, etc. ; sa largeur totale n'excède pas 65 centimètres, de sorte qu'elle peut circuler facilement dans des passages étroits. Cette machine est portée par quatre roues pivotantes, à jantes larges, montées sur bases tournantes C′, de sorte qu'elle peut se déplacer dans tous les sens et tourner sur elle-même comme une plaque tournante. Elle est formée essentiellement d'un châssis et d'un pylône en tôle et cornières A; un pivot B, en fer à I, porte la volée, la contre-volée et le contrepoids qui assure la stabilité. Ces pièces sont articulées par l'intermédiaire d'un levier unique et peuvent s'abaisser lorsque la machine passe sous les poutres principales du plafond. La réceptrice D est placée à l'une des extrémités du bâti ; elle actionne un arbre intermédiaire, qui transmet le mouvement, par poulies et

Digitized by Google

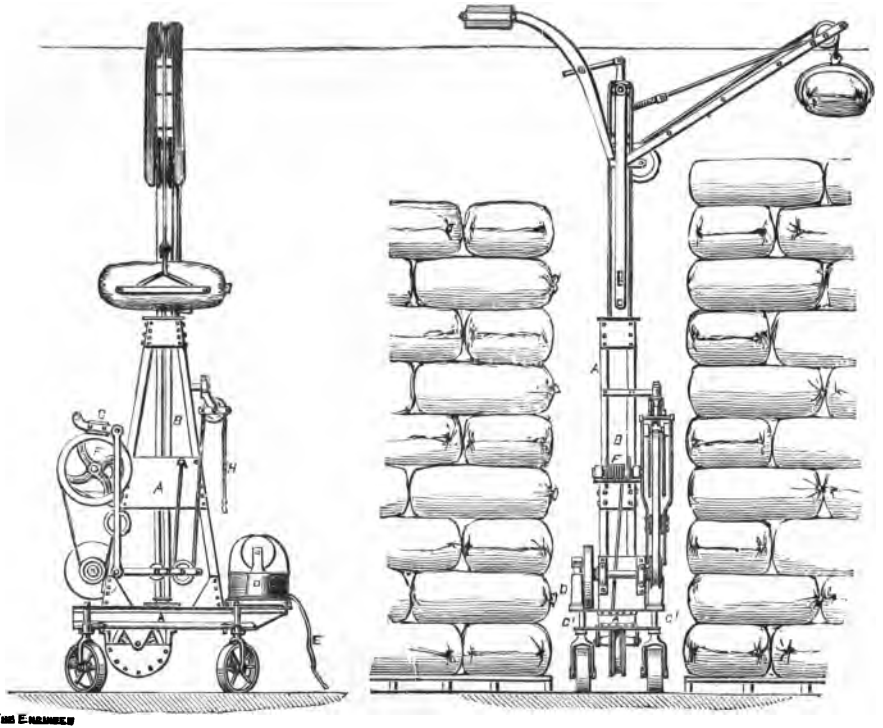

Fig. 118. — Grue électrique Guyenet.

Digitized by Google

courroies, au treuil élévatoire à tendeur F, sur lequel s'enroule la corde de levage. En tirant plus ou moins fortement sur la corde de manœuvre H, on fait monter ou descendre le fardeau. Dès qu'on abandonne la corde, le frein à coin G se serre automatiquement sous l'effet du contrepoids et le mouvement s'arrête.

Cette grue est légère, peu encombrante et d'une manœuvre très douce ; comme tous les appareils de levage mus par l'électricité, elle supprime les moteurs et générateurs spéciaux. La dynamo fait 1 200 tours ; la puissance est de 2 chevaux et la vitesse d'ascension de 60 centimètres par seconde. L'appareil pèse une tonne et possède une force de 100 kilogrammes.

Un modèle analogue, d'une force de 600 kilogrammes, se construit pour les fardeaux plus lourds, comme les balles de laine et de coton.

Treuil électrique. — Le treuil électrique de M. Guyenet est monté sur un châssis de fer que supportent quatre galets pouvant rouler sur des rails. La réceptrice est une dynamo Gramme, type supérieur, qui tourne dans un seul sens avec une vitesse de 1 200 tours par minute. Aux deux extrémités de l'arbre de l'induit sont calés deux galets de friction, qui entraînent le treuil. Celui-ci porte sur son tambour deux cordes de levage enroulées en sens contraire, de sorte que l'une se déroule pendant que l'autre s'enroule. Ce tambour porte en outre deux roues dont les jantes, de forme spéciale, se composent de deux couronnes d'embrayage, l'une intérieure, l'autre extérieure. Les galets se placent dans l'intérieur de ces roues et font tourner le treuil dans un sens ou dans l'autre, suivant qu'ils sont mis en contact avec la couronne intérieure ou avec la couronne extérieure.

Digitized by Google

Pour cela, la réceptrice est articulée à la partie inférieure et peut s'incliner légèrement en avant ou en arrière. Cette manœuvre est commandée par un levier. Dès qu'on cesse d'agir sur ce levier, le frein F se serre automatiquement, par son propre poids, et le

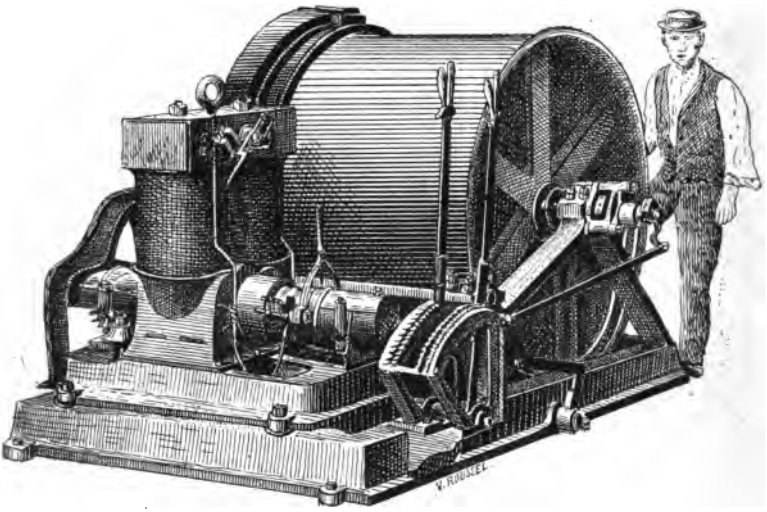

Fig. 119. — Treuil électrique pour mines (Guyenet).

treuil est immobilisé. La force de l'appareil est de 160 kilogrammes et la vitesse d'ascension de 1 m. par seconde.

Les treuils électriques ont l'avantage de supprimer les foyers, les générateurs, les moteurs et les transmissions; la mobilité des fils qui amènent le courant permet de déplacer rapidement l'appareil, qui peut ainsi desservir plusieurs postes.

Digitized by Google

La figure 119 montre un nouveau treuil électrique, employé en Amérique dans les mines : le tambour est d'un diamètre exceptionnel, ce qui permet d'accélérer à volonté la vitesse des amenages à la surface, tout en laissant la faculté de fonctionner aussi lentement qu'on le désire. Ce tambour est relié, par des engrenages intermédiaires, à un moteur électrique d'une puissance de 25 kilowatts ou 30 chevaux. Le mécanisme de commande, qui n'est pas figuré, est semblable à celui des tramways électriques ; l'opérateur agit de la main gauche sur les leviers et de la droite manœuvre le commutateur. Cet appareil n'exige qu'un emplacement assez faible et peut donner une vitesse de 218 mètres par minute, avec une charge de plus de 500 kilogrammes.

Pont roulant électrique. — Les ateliers d'Œrlikon (Suisse) emploient un pont roulant manœuvré par des courants triphasés. Trois moteurs de puissance convenable, disposés pour ces courants, commandent les trois mouvements du pont : levage ou abaissement de la charge, déplacement latéral du treuil et déplacement longitudinal du pont. Ces moteurs peuvent fonctionner ensemble ou séparément et dans les deux sens.

Le courant est amené par trois fils de cuivre, que supportent des isolateurs placés sur l'un des côtés du chemin du pont, et transmis par des galets, qui frottent sur la partie inférieure des fils, pour éviter la poussière. Ces galets communiquent par des câbles bien isolés avec le tableau de commande, placé sur le pont, et qui porte les trois régulateurs inverseurs servant à commander les trois mouvements de l'appareil. Les moteurs sont reliés à ce tableau par des galets disposés de la même façon.

Digitized by Google

Les moteurs sont simples et robustes et fonctionnent sans balais ni collecteur ; le démarrage est très doux. Le moteur destiné au levage de la charge porte un frein qu'on peut manœuvrer de la galerie ou du sol, de sorte qu'on peut déposer la charge doucement et exactement à l'endroit voulu. Tous les mouvements peuvent aussi être effectués à la main.

Ascenseurs électriques. — Les ascenseurs électriques semblent appelés depuis peu à se multiplier rapidement à Paris, grâce à ce que la Ville de Paris a élevé, au mois d'avril 1895, de 0, 32 à 0, 60 fr. par mètre cube le prix de l'eau employée pour le service hydraulique. Cette circonstance a conduit les constructeurs et les propriétaires à rechercher une force motrice plus économique : or, aux prix actuels, le kilogrammètre revient, par l'emploi de l'électricité, environ 10 fois moins cher.

Deux systèmes peuvent être employés : dans l'un la cabine est suspendue à un treuil mû par un câble électrique ; dans l'autre, on fournit à un ascenseur hydraulique la pression nécessaire au moyen d'appareils hydro-électriques convenables.

Le premier système est le plus simple ; c'est celui auquel appartient l'ascenseur de M. Guyenet.

Cet ascenseur est facile à installer ; il fonctionne sans bruit et donne toute sécurité : enfin la dépense est généralement moindre qu'avec les appareils hydrauliques.

La cabine A (fig. 120), munie d'un parachute, s'élève entre les guides BB ; elle est soutenue par des câbles, qui passent sur des poulies de renvoi fixées au beffroi supérieur C et qui vont s'enrouler sur le double tambour d'un treuil E à vis sans fin. Ces câbles

Digitized by Google

sont assez nombreux pour que la rupture de l'un deux ne puisse produire aucun accident.

La vis sans fin du treuil est commandée directement par la dynamo réceptrice F. Les câbles H, passant dans la cabine, servent à actionner le rhéostat de manœuvre ; G est un frein automoteur. Les chariots

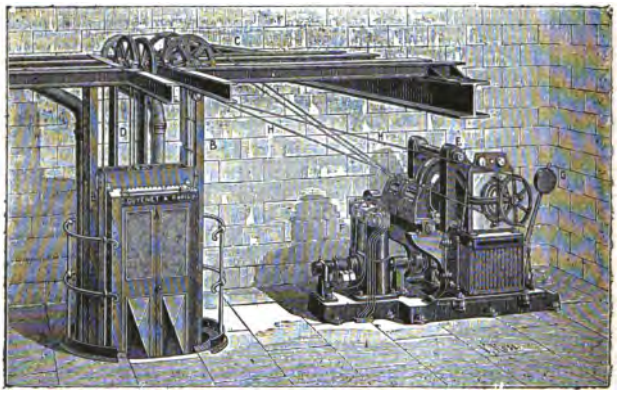

Fig. 120. — Ascenseur électrique Guyenet.

directeurs II assurent l'enroulement régulier des câbles de suspension sur les tambours du treuil. La cabine est équilibrée par un contrepoids, qui glisse entre les guides D et qui est soutenu par des câbles passant sur des poulies fixées au beffroi C.

Le système à treuil électrique est très répandu en Amérique; les immenses maisons de certaines villes du nouveau continent en renferment jusqu'à 10, transportant chacun 10 ou 15 personnes avec une vitesse de 3 m. par seconde.

Le système hydro-électrique paraît devoir mieux

Digitized by Google

réussir à Paris, où le problème actuel consiste surtout à appliquer l'électricité à un ascenseur hydraulique : la transformation est beaucoup moins coûteuse que si l'on veut employer un treuil. M. Hospitalier estime en outre que l'ascenseur à treuil n'inspire pas confiance au public parisien, habitué à se servir des ascenseurs à piston. On pourrait cependant relever, à l'actif de ces derniers appareils, un nombre respectable d'accidents, qui justifient peu cette confiance.

Ventilateur électrique. — Le moteur Lundell, que nous avons décrit page 262, convient très bien, par son petit volume, à la manœuvre des ventilateurs : on emploie alors le modèle de forme sphérique et les ailettes se fixent à l'extrémité de l'arbre. Plusieurs moteurs-ventilateurs de ce genre figuraient à l'exposition de Chicago. L'un se suspend au plafond par une chaîne unique ou par trois chaînes

Fig. 121. — Ventilateur dit suspension.

Digitized by Google

(fig. 121). L'enveloppe sphérique du moteur porte généralement plusieurs œilletons, ce qui permet de placer l'axe vertical, horizontal ou incliné, et de faire varier la direction du courant d'air. Ce ventilateur-

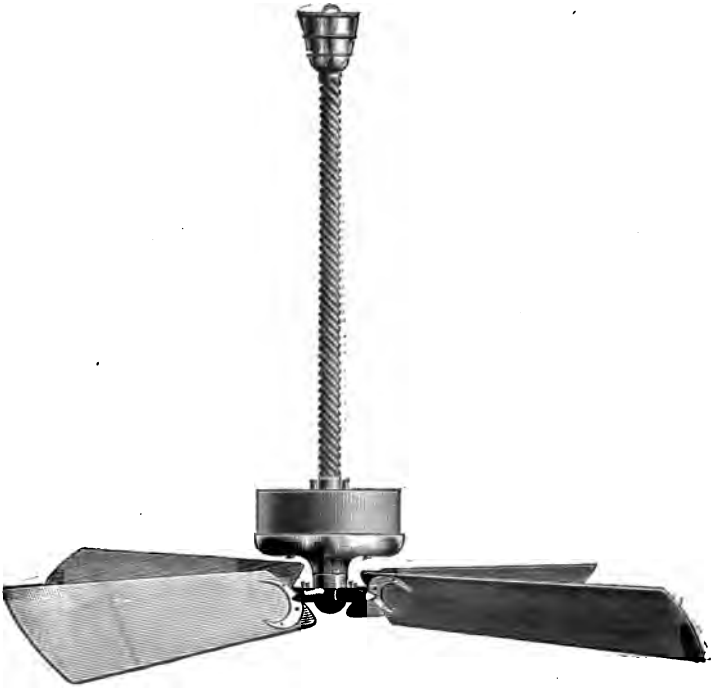

Fig. 122. — Ventilateur de plafond.

fait 1400 tours à la minute : il fonctionne à 110 ou 120 volts et absorbe $\frac{1}{6}$ de cheval ; il en est de même des modèles suivants.

Digitized by Google

Le moteur peut aussi être muni de grandes ailes (fig. 122), fixées sur un tube creux en laiton : ce tube porte un anneau sur des croisillons demi-circulaires : cet anneau repose sur une petite poulie garnie de caoutchouc et placée à l'extrémité de l'arbre du moteur. Le grand rapport des développements de l'anneau et de la poulie réduit beaucoup la vitesse de rotation des ailettes, qui ne font que 165 tours par minute, tandis que le moteur en fait 1500.

Fig. 123. — Ventilateur portatif.

Le modèle portatif (fig. 123) est monté sur un pied en fonte renfermant un commutateur-rhéostat, qui permet d'obtenir trois vitesses différentes : 800, 1200 et 1500 tours.

Ce moteur-ventilateur peut encore se fixer au mur par un bras horizontal; ce modèle s'oriente dans une direction et se fixe par une vis de serrage ; comme le précédent, il peut donner trois vitesses.

Digitized by Google

CHAPITRE XV

DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Distribution à trois fils avec une seule dynamo. — Distribution avec double transformation. — Distribution par courants polyphasés. —Circuit amortisseur.

Distribution à trois fils avec une seule dynamo. — Les systèmes de distribution à fils multiples, et en particulier à trois fils, procurent une grande économie dans l'établissement des conducteurs, et donnent à la fois les avantages d'une distribution en dérivation sur deux fils et ceux d'une distribution à potentiel élevé, les lampes se trouvant montées par deux en tension sur les conducteurs extrêmes, tout en conservant complètement leur autonomie. D'un autre côté, ces systèmes ont l'inconvénient d'exiger, au moins en principe, l'emploi de deux génératrices. La Compagnie de Fives-Lille emploie un dispositif qui supprime cette nécessité et permet d'alimenter un réseau à trois fils avec une seule dynamo, sans qu'il se produise d'étincelles au point d'attache du fil neutre.

La figure 124 montre le schéma de ce dispositif : R représente l'induit d'une dynamo à courant continu et *ns* les pôles de l'inducteur. Pour simplifier, on a supprimé le collecteur et placé les balais B_1B_2 en

Digitized by Google

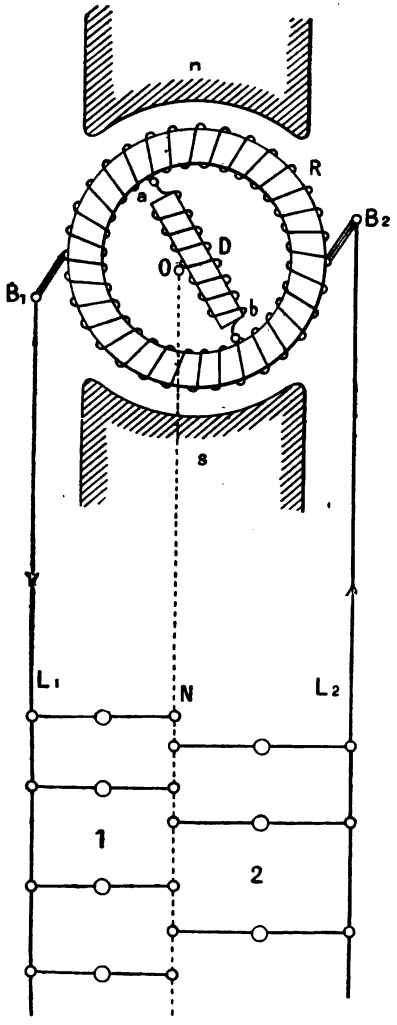

Fig. 124. — Distribution à trois fils avec une seule dynamo.

Digitized by Google

contact direct avec l'enroulement. Ces balais communiquent avec les deux conducteurs extrêmes $L_1 L_2$ du réseau à trois fils. Le fil neutre N s'attache au milieu d'une bobine D, douée d'une faible résistance et d'une self-induction considérable, et fixée elle-même en deux points *ab* diamétralement opposés de l'induit. Pendant la rotation, il se produit entre les points *a* et *b* une différence de potentiel alternative, mais le courant qui parcourt la bobine D est d'autant plus faible que le coefficient de self-induction L est plus élevé. On sait en effet que l'intensité maxima est

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}$$

E étant la force électromotrice maxima, R la résistance, $\omega = \frac{2\pi}{T}$ le chemin parcouru dans l'unité de temps.

Le point O possède constamment la moyenne des potentiels non seulement entre *a* et *b*, mais encore entre B_1 et B_2. Il résulte de là que, si les groupes 1 et 2 du réseau contiennent le même nombre d'appareils en marche, le fil N reste à l'état neutre ; si le groupe 1 par exemple est plus chargé que le groupe 2, l'excès de courant du premier retourne à la machine par le fil N, se partage en O et, comme il est continu, traverse sans difficulté la bobine D pour pénétrer dans l'induit.

On est donc, avec ce dispositif, dans les mêmes conditions qu'avec deux génératrices montées en série : l'indépendance des groupes 1 et 2 est complète, et, si l'un consomme plus de courant, les différences de potentiel ne sont pas altérées, puisque l'excédent

Digitized by Google

de courant retourne à l'induit presque sans perte par le fil N et la bobine D.

Au lieu de fixer la bobine D sur l'armature elle-même, on peut la séparer de la machine. On relie alors deux lames diamétralement opposées du collecteur à deux bagues calées sur l'arbre, et munies de deux frotteurs qui communiquent avec les extrémités de la bobine à grande self-induction, disposée dans une caisse à côté de la dynamo, et dont le point neutre communique avec le fil compensateur.

Les dynamos munies de telles bobines peuvent être employées comme régulatrices de tension, notamment dans le cas où la station centrale est éloignée et fournit, bien entendu, le courant sous une tension égale à la tension totale des deux groupes de lampes. Dans ce cas, on intercale, tout près des lieux d'utilisation, une ou plusieurs de ces dynamos munies de bobines de self-induction, qui reçoivent le courant des conducteurs principaux dans leurs balais, en marchant comme moteurs. Le fil neutre n'a pas alors besoin d'être relié à la station centrale située à une grande distance.

Ce système peut s'appliquer aux dynamos comme aux moteurs, aux machines bipolaires ainsi qu'aux machines multipolaires ; il permet le groupement des machines en quantité, et présente un moyen très pratique de distribuer, avec une seule dynamo, le courant pour des lampes de 110 volts dans un rayon pouvant atteindre 800 mètres, sans qu'il en résulte une grande perte dans les conducteurs.

On réalise, de ce fait, une sérieuse économie dans le prix des câbles et dans les frais d'installation.

Ce dispositif a déjà reçu plusieurs applications qui toutes fonctionnent d'une façon parfaite.

Digitized by Google

Appliqué à une dynamo actionnée par une machine Willans de 60 chevaux, il servait à l'éclairage de l'Exposition coloniale à Lyon.

Distribution avec double transformation. — La Compagnie de Fives-Lille a construit un transformateur triphasé de 10 kilowatts, destiné à transformer une tension de 100 volts en une tension de 2 000 volts (et réciproquement), comptée entre deux conducteurs du système triphasé.

Quoique la Compagnie de Fives-Lille construise également des génératrices triphasées à haute tension, elle préconise généralement l'emploi de génératrices à basse tension, avec double transformation pour le transport du courant. De cette façon, les manœuvres de la dynamo sont absolument sans danger, et comme les transformateurs ont un rendement très élevé, la perte qui résulte de cette double transformation est très faible.

Les transformateurs se composent de trois bobines, dont les noyaux en fer sont réunis, à chaque extrémité, par une culasse. Cette disposition, ne prenant guère de place qu'en hauteur, permet d'installer les appareils dans un endroit quelconque de l'usine, le long d'un mur par exemple.

Comme, dans le système triphasé, chaque courant est égal à la somme des deux autres et de signe contraire, le noyau de chaque bobine sert alternativement de retour aux lignes magnétiques des deux autres, ce qui fait qu'un transformateur triphasé, tout en ayant qu'une bobine droite par courant, est à circuit magnétique fermé.

Les transformateurs de la Compagnie de Fives-Lille sont, pour les petits modèles, avec enroulements

Digitized by Google

superposés, tandis que, pour les grands types (60, 100, etc. kilowatts), les enroulements primaires ou secondaires sont composés des mêmes bobines partielles, couplées en quantité pour la basse tension et en série pour la haute tension. Les bobines des deux enroulements différents alternent, c'est-à-dire qu'une bobine de haute tension est intercalée entre deux bobines de basse tension. L'isolement est soigneusement assuré par des feuilles de mica. Avec cette disposition, la dispersion magnétique est tout à fait insignifiante.

Distribution par courants polyphasés. — On trouvera plus haut (1) les propriétés de ces courants et la disposition des appareils générateurs et récepteurs.

Ce mode de distribution a pris en trois ans un très grand développement, ainsi que le montre la liste suivante, que nous empruntons à l'*Industrie électrique*, et qui renferme les installations par courants alternatifs diphasés ou triphasés existant à la fin de l'année 1893.

On comptait alors en France trois installations de courants triphasés : 1° Saint-Victor-sur-Loir, à Saint-Étienne, trois unités de 200 kilowatts, dont une actuellement en service; 2° Pont-Lignon, une unité de 200 kilowatts ; 3° Florensac (Hérault), une unité de 200 kilowatts. Ces trois installations sont faites sur le type de celle de Lauffen-Heilbronn.

L'Allemagne possède plusieurs installations par courants triphasés : Lauffen-Heibronn, Bockenheim-Francfort, Erding et Wangen en Allgau (Wurtemberg).

En Autriche se trouvent deux installations, l'une

(1) Voy. *Courant polyphasé*, page 19.

Digitized by Google

par courants triphasés, à Pergine, l'autre par courants diphasés, à Budapest.

L'Amérique ne renferme qu'une seule installation, toute récente, à Redlands (Californie).

Il convient de rappeler que la Compagnie Westinghouse avait installé à l'Exposition de Chicago 12 grands alternateurs diphasés de 750 kilowatts chacun, du système Tesla, qui trouveront sans doute bientôt leur place dans l'industrie américaine. En outre, l'utilisation des chutes du Niagara comprendra également des unités de 5 000 chevaux, à courants diphasés.

Circuit amortisseur. — Il est souvent nécessaire d'obtenir la marche synchrone de plusieurs alternateurs ou de moteurs actionnés par des alternateurs. Le premier cas se présente quand on veut mettre en parallèle un certain nombre d'alternateurs faisant partie par exemple d'une même station centrale génératrice. Le deuxième cas se rencontre dans certains transports de force ; il peut se présenter également lors de la transformation de courants alternatifs en courants continus (1).

(1) Voy. *Transformateur de fréquence et de tension.*

Digitized by Google

CHAPITRE XVI

STATIONS CENTRALES ; TRANSMISSION DE L'ÉNERGIE.

Usine du secteur des Champs-Elysées — Transmissions par courants polyphasés : Decize, Erding, Redlands. — État actuel de la distribution de l'énergie électrique à Paris.

Usine du secteur des Champs-Élysées. — Cette usine, inaugurée le 7 mars 1893, est située sur les bords de la Seine, entre le pont d'Asnières et celui de la Jatte, à 1 700 mètres des fortifications. Cette position est très favorable pour l'arrivée des charbons et l'alimentation des chaudières et des condenseurs et évite les inconvénients des usines situées à l'intérieur des villes.

La vapeur est fournie par 5 chaudières, du type Galloway, timbrées à 7 kg., et pouvant donner 3 000 kg. de vapeur par heure. Ces appareils sont groupés sur des collecteurs de vapeur de 50 cm. de diamètre, que l'on peut relier ou isoler à volonté. Avant de se rendre à la cheminée, les gaz chauds peuvent traverser un économiseur Green, ce qui permet, sans augmentation de dépense, de porter l'eau d'alimentation à une température voisine de 100°. Cette eau, ainsi que celle des condenseurs, est puisée à la Seine par des pompes centrifuges actionnées par des moteurs Farcot, et déversée dans un vaste égout formant relais.

Digitized by Google

L'usine renferme en outre 4 moteurs Corliss, savoir : 2 moteurs de 65 cm. de diamètre et de 1,3 m. de course, deux autres de 82,7 cm. de diamètre et 1,4 m. de course. Ces quatre machines sont à condensation, avec échappement à l'air libre facultatif, et font soixante tours par minute.

Les deux premières machines actionnent un alternateur de 450 kilowatts et une excitatrice de 25 kilowatts ; chacun des deux autres moteurs commande un autre groupe semblable.

Dans les trois alternateurs, qui ont été construits par MM. Hillairet et Huguet, l'inducteur, qui est mobile, porte 80 pôles et tourne à l'intérieur de l'induit, formé d'une couronne de 80 bobines. Ces machines donnent normalement 133 ampères et 3 000 volts, avec une fréquence de 40 périodes par seconde ; elles tournent avec une vitesse de 60 tours.

Les excitatrices sont des machines à anneau, à 8 pôles, commandées par courroies et faisant 300 tours par minute.

Le tableau de distribution est remarquable par sa simplicité ; tous les conducteurs reliés à la haute tension sont peints en rouge.

Transmission d'énergie par courants diphasés à Decize. — MM. Schneider et Cie ont installé récemment une distribution d'énergie intéressante à leurs houillères de Decize. L'installation complète, donnant à la fois la lumière et la force motrice, doit développer une puissance totale de 200 chevaux.

L'usine centrale (fig. 125), placée respectivement à 3 et 5 kilomètres des points extrêmes desservis, renferme actuellement une batterie de 6 chaudières et 2 unités (machines à vapeur et dynamos), de 100 ki-

Digitized by Google

lowatts chacune ; une troisième unité sera installée ultérieurement pour compléter la puissance et pour servir de rechange. Les deux premières peuvent être employées isolément ou accouplées en parallèle.

Les chaudières sont à foyer intérieur, avec faisceau tubulaire dans le prolongement, à retour de flamme et à grand réservoir de vapeur. La chambre de chauffe, placée en contre-bas du sol, reçoit le charbon par des wagonnets à bascule. Les cendres sont enlevées par un monte-charge et versées directement dans les wagonnets qui ont amené le combustible. La conduite des chaudières se trouve ainsi très simplifiée.

Les moteurs (fig. 125) sont horizontaux et sans condensation, munis de tiroirs cylindriques pour l'admission de la vapeur et d'obturateurs genre Corliss pour l'émission ; la disposition est telle que les orifices s'ouvrent et se ferment très rapidement. Un puissant régulateur de vitesse, placé dans l'un des volants, agit sur les tiroirs d'admission. Ces machines font 200 tours par minute et actionnent les dynamos par courroies.

Les génératrices produisent des courants alternatifs diphasés. Ce résultat est obtenu d'une manière très simple. Chaque unité comprend deux alternateurs identiques, du système Zipernowsky, dont les inducteurs, mobiles, sont calés sur le même arbre avec un écart angulaire d'un demi-intervalle de pôles.

Pour mettre en parallèle les deux groupes d'alternateurs, on emploie deux paires de transformateurs, dont chacune reçoit des courants primaires pris en dérivation respectivement sur chacun de ces groupes. Lorsqu'on a réalisé pour chacun des deux groupes l'égalité des potentiels et des intensités, le premier

Digitized by Google

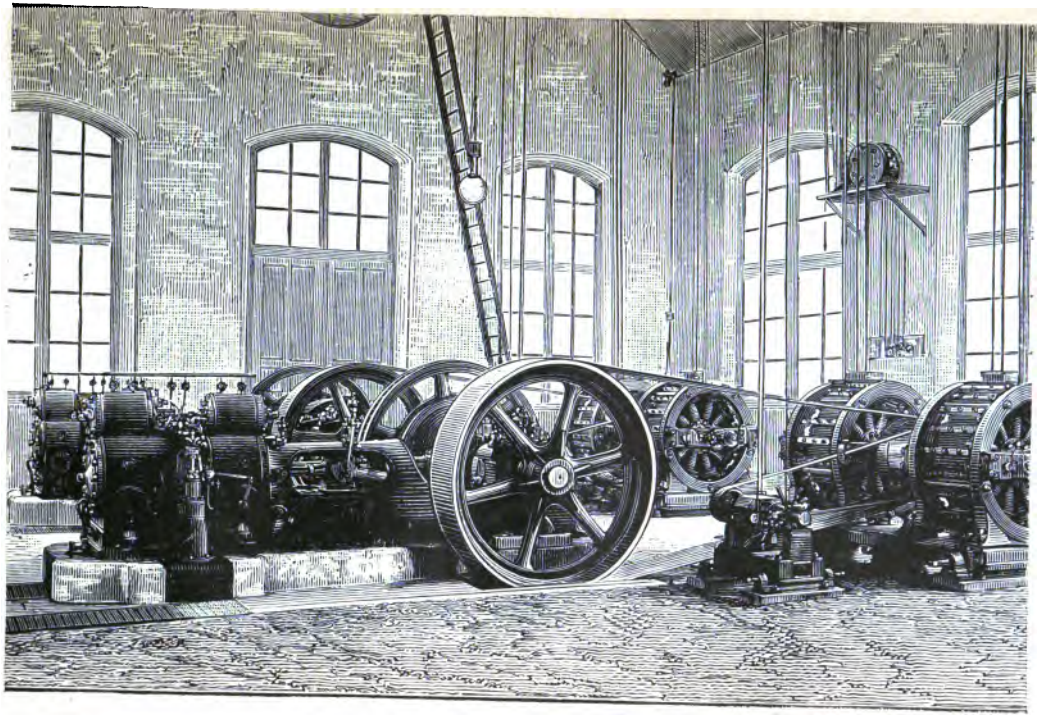

Fig. 125. — Usine génératrice de Decize.

Digitized by Google

groupe étant relié à la ligne, il faut, pour relier le second, saisir le moment où il y a concordance des phases. Pour cela, on réunit les secondaires des deux paires de transformateurs en opposition, à travers les lampes à incandescence, dont l'extinction indique la concordance des phases.

La ligne est en grande partie aérienne ; elle est alors formée d'un fil de bronze silicieux, supporté, à l'aide de doubles cloches en porcelaine, par des poteaux protégés à la base par une spirale de ronces métalliques. Les fils sont croisés tous les 500 mètres, afin d'éviter les effets d'induction sur les fils téléphoniques, placés à mi-hauteur des mêmes poteaux. Une petite partie de la ligne souterraine est formée de câbles sous plomb, disposés dans un caniveau en bois goudronné. De puissants parafoudres sont placés en divers points de la ligne, ainsi qu'à toutes les stations.

Les électromoteurs actionnés par les courants diphasés sont du type décrit plus haut; ils servent presque tous à commander, par courroies, des ventilateurs de mines ; ils fonctionnent jour et nuit, avec deux arrêts de 15 minutes pour le graissage et le nettoyage. La plupart de ces appareils sont abandonnés à eux-mêmes, dans une cabane située en pleine forêt ; un gardien de ronde les visite seulement toutes les six ou huit heures. La transmission électrique a donc permis d'employer ces stations réceptrices très simples au lieu de construire, pour chaque ventilateur, une usine avec chaudière et machine à vapeur exigeant un personnel beaucoup plus nombreux, et rendant en outre le transport du charbon, l'amenée de l'eau et l'enlèvement des cendres beaucoup plus coûteux.

Digitized by Google

Station à courants triphasés d'Erding. — La station d'Erding (Autriche) a été installée récemment par la maison Siemens et Halske, de Berlin ; elle produit des courants triphasés à haute tension. La force motrice est fournie par la Sempt, petit cours d'eau qui se jette dans l'Isaar à Moosburg ; une turbine horizontale, de la Société *Augsburger Maschinen Fabrik* produit, avec une hauteur de chute de 1,70 mètre, une puissance de 60 chevaux, à la vitesse de 35 tours par minute; un arbre de transmission commande, à l'aide de poulies et de courroies, deux dynamos à courants triphasés Siemens et Halske, donnant chacune 40 kilowatts à 750 tours; une seule machine absorbe toute la puissance de la turbine : ces machines sont décrites plus haut (page 73).

La figure 126 montre le schéma général de la distribution. On voit en ED le collecteur de la dynamo excitatrice, en RW le rhéostat de cette machine et en DM l'induit de l'alternateur à courants triphasés ; l'installation est identique pour les deux machines. De chacune d'elles partent trois câbles qui se rendent au tableau de distribution, figuré au-dessus ; chacun des deux circuits renferme un interrupteur MS à trois lames, avec coupe-circuit fusibles, des indicateurs d'intensité AA et un voltmètre V. Ce dernier appareil n'est pas placé directement sur le circuit à haute tension ; mais il est disposé sur un indicateur de phases PV, qui se compose de deux transformateurs de faible puissance, dont les fils primaires sont intercalés sur les circuits à haute tension et les fils secondaires disposés de façon que les différences de potentiel s'ajoutent pour le synchronisme des deux machines. Trois lampes à incandescence, placées au-dessus

Digitized by Google

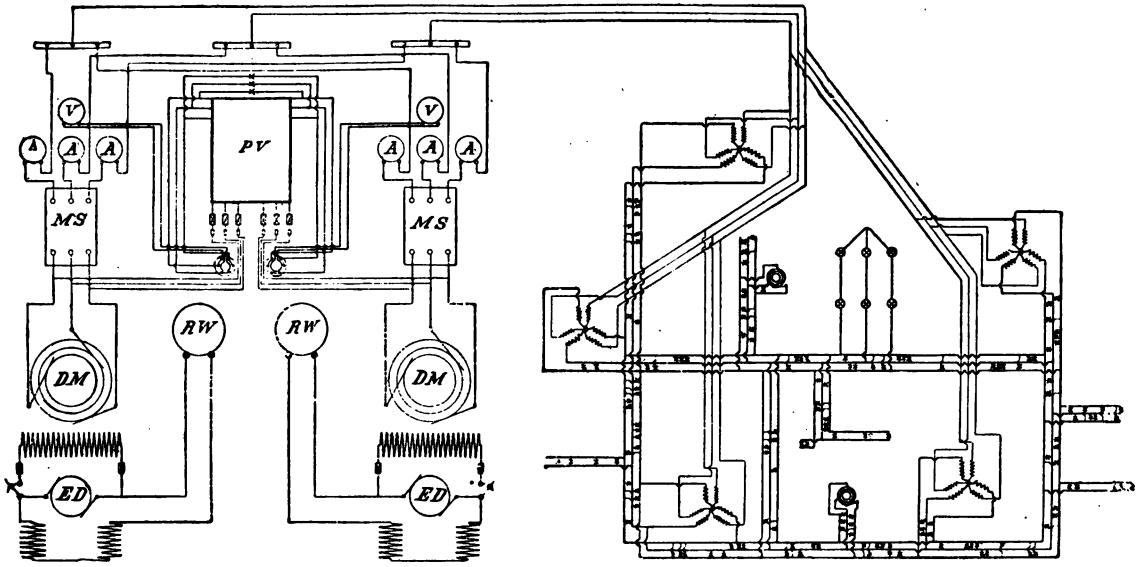

Fig. 126. — Schéma de la distribution à courants triphasés d'Erding.

Digitized by Google

de cet indicateur, servent pour le contrôle; le voltmètre V est situé sur le fil secondaire et peut être intercalé sur les divers circuits au moyen d'un commutateur. On voit à la partie inférieure de l'appareil des plombs fusibles placés sur les circuits à haute tension.

Trois fils partant de l'usine se rendent à la ville d'Erding, située à 3 ou 4 kilomètres. Cette canalisation est formée de câbles en cuivre nu, de 16 mm², portés par des isolateurs à huile, placés eux-mêmes sur des poteaux de 12 à 13 mètres de hauteur; la distance des fils est de 70 centimètres, celle des poteaux d'environ 40 mètres. Pour éviter l'influence des phénomènes atmosphériques, on a fixé au sommet des mâts, de cinq en cinq, une pointe métallique en communication avec la terre.

En arrivant à Erding, la canalisation se divise en deux parties; le courant à haute tension alimente cinq transformateurs, dont 3 de 10 kilowatts et 2 de 5 kilowatts, placés en des points différents. Les fils secondaires de ces appareils sont réunis en quantité et forment le circuit de distribution, qui comprend les appareils d'utilisation des abonnés. La plupart des rues possèdent trois lignes; celles qui ont moins de huit lampes n'en contiennent que deux.

Les transformateurs se composent de trois noyaux verticaux formés de lamelles de fer réunies aux deux bouts : sur ces noyaux s'enroulent directement les circuits secondaires, que recouvrent les fils primaires. Chaque appareil est porté par un socle en fonte placé sur un pilier en maçonnerie et protégé par une enveloppe cylindrique en tôle : des ouvertures livrent passage aux câbles et permettent la libre circulation

Digitized by Google

de l'air. Une plaque, située près de la porte, est munie des plombs fusibles des deux circuits. Le rendement électrique est de 96 p. 100; la température intérieure ne dépasse pas 50 à 60° C.

La canalisation secondaire est fixée en partie sur la façade des maisons, à une hauteur de 6 mètres environ; elle porte quinze paratonnerres, formés chacun de deux plaques de charbon parallèles et peu écartées : la plaque supérieure porte un noyau de fer mobile dans un solénoïde, qui est relié d'une part avec ce noyau, d'autre part avec la terre; la plaque inférieure communique avec la canalisation. En cas de décharge atmosphérique, un arc jaillit entre les deux plaques et le circuit se ferme par le sol : le noyau est alors attiré par le solénoïde et l'arc se rompt brusquement.

Le circuit secondaire alimente des lampes et des moteurs. L'éclairage des rues utilise 97 lampes à incandescence de 16 bougies et 6 régulateurs de 12 ampères; le montage de ces derniers est représenté au centre du schéma (fig. 126). Le nombre total des lampes actuellement en service est d'environ 600. L'usine et les habitations des mécaniciens emploient 12 lampes de 16 bougies, alimentées par un transformateur spécial. Un rhéostat placé sur le circuit secondaire de cet appareil permet de maintenir la différence de potentiel constante, nécessaire pour les lampes, quel que soit d'ailleurs le voltage nécessité à l'usine par les pertes sur la ligne.

Les moteurs électriques ne sont utilisés que pendant le jour, l'énergie totale étant employée le soir pour l'éclairage.

L'énergie électrique est fournie à forfait, au prix de

Digitized by Google

20 francs par an pour une lampe de 16 bougies, 11,25 francs pour une lampe de 8 bougies et 7,50 pour une lampe de 5 bougies. Le prix de remplacement des lampes est de 1,25 franc. La force motrice coûte 62,50 francs pour un moteur de 1/3 de cheval, 162,50 francs pour un cheval, 300 francs pour 2 chevaux et 600 francs pour 5 chevaux.

Transmission par courants triphasés de Redlands. — C'est à Redlands (Californie) qu'a été faite récemment la première transmission par courants triphasés en Amérique; elle a été installée par la *General Electric C°*. Le prix élevé du charbon dans le sud de la Californie rend très précieux l'emploi des forces naturelles. Pour cette application, on a légèrement détourné une grande partie de la chute de Mill Creek Canon, située à 15 kilomètres de la ville. L'eau, amenée par un tunnel, traverse un filtre de sable destiné à retenir toutes les impuretés. A la sortie de la conduite, la chute est de 118 mètres; elle donne 72 mètres cubes par minute, ce qui correspond à une puissance maxima de 1 900 chevaux. Aux plus basses eaux, la puissance est encore de 800 chevaux.

La station centrale (fig. 127) se compose de 2 chambres, l'une pour les roues hydrauliques Pelton, l'autre pour les dynamos.

La salle des dynamos contient 2 génératrices à courants alternatifs triphasés de 250 kilowatts, sous une différence de potentiel de 2 500 volts entre les conducteurs, deux dynamos D 10, suffisant chacune pour exciter les deux alternateurs, et une dynamo à arc Thomson-Houston de 50 lampes. Les fondations pour une seconde machine à arc et un troisième alternateur triphasé ont été établies en même temps.

Digitized by Google

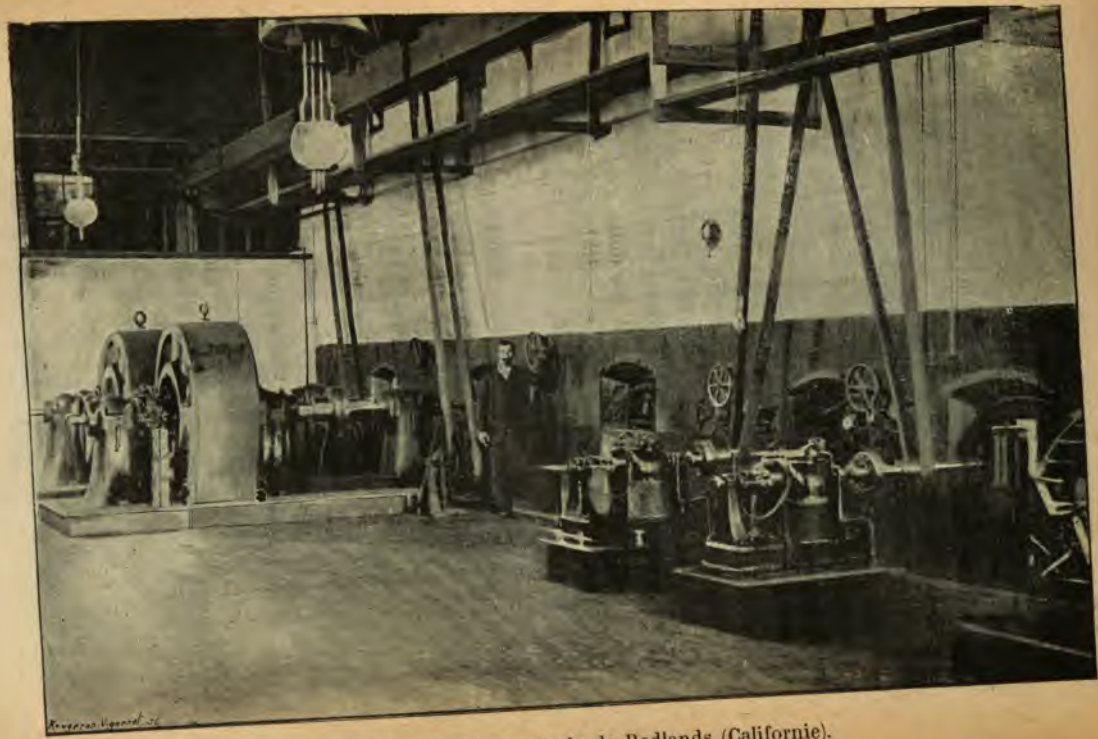

Fig. 127. — Station centrale de Redlands (Californie).

Digitized by Google

Ces alternateurs donnent, à la vitesse angulaire de 600 tours par minute, 100 ampères et 2 500 volts. La fréquence est de 50 périodes par seconde. Chacune de ces machines est commandée directement par un ensemble de 2 roues Pelton de 200 chevaux chacune, à double ajutage. Le réglage de la puissance hydraulique est effectué par le système ordinaire différentiel Pelton, actionné par l'arbre d'une des excitatrices. Un second petit régulateur différentiel, actionné par l'arbre de l'autre excitatrice, contrôle l'action du premier en réglant les roues hydrauliques des excitatrices.

Un tableau de distribution très complet permet de mettre chaque machine séparément sur un circuit ou de réunir les deux circuits et les deux machines en parallèle. Pour le couplage en parallèle, on fait usage d'un synchroniseur acoustique, dont l'action est beaucoup plus précise que le système des lampes de phase généralement employé. Quand les machines sont près d'être en phase, on entend très nettement les battements, et, quand les alternateurs sont rigoureusement en phase, le son rendu par l'appareil est très pur.

L'aménagement intérieur de la station a été fait avec le plus grand soin, et la maison du chef de la station, à proximité de l'usine, a été pourvue de tous les appareils de chauffage électrique pour les appartements et pour la cuisine.

Deux circuits de 9,3 mm. de diamètre, à trois conducteurs, partent de la station centrale. Un de ces circuits aboutit aux bureaux de la Compagnie, à Redlands, distants de 12,2 kilomètres, et, de ce point, se divise dans la ville pour la distribution de l'éclairage et de la force motrice. L'autre circuit se dirige sur Mentone, à 7 kilomètres, où se trouve la fabrique de

Digitized by Google

glace artificielle de la *Union Ice C°*. Dans cette usine on a installé un alternateur triphasé synchrone, à mise en route automatique, d'une puissance de 150 kilowatts, à 750 tours par minute, commandant par courroie et par une transmission intermédiaire deux grands compresseurs à ammoniaque et différentes autres machines accessoires pour la fabrication de la glace. Le moteur marche nuit et jour sans arrêt, à pleine charge, et a toujours fonctionné sans le moindre accident. A Redlands, il y avait, à la fin du mois de décembre 1893, 30 lampes à arc et plus de 1 000 lampes à incandescence de 16 bougies, distribuées sur les trois branches du réseau, et un certain nombre de petits moteurs de puissance variable.

Les transformateurs sont analogues à ceux du type F construit par la *General Electric C°* pour l'éclairage par courants alternatifs simples, sauf qu'ils sont étudiés spécialement pour 50 cycles par seconde et 2 200-110 volts. Autant que possible, on a employé de gros transformateurs et de grands réseaux secondaires.

On n'a éprouvé aucun ennui pour le non-équilibrage des lignes. Peu de temps après la mise en route de la station, la plus grande partie des lampes étaient branchées sur deux lignes seulement du circuit triphasé, et, quoique des lampes de ces deux lignes fussent disposées dans les mêmes pièces, on ne pouvait constater aucune différence dans leur éclat.

Le premier alternateur arriva le 1er septembre 1893 à Redlands et fut mis en service régulier le 8 septembre. Le moteur à glace fut mis en marche le 13 septembre. Depuis cette date, les générateurs et moteurs ont fonctionné sans arrêt.

État actuel de la distribution de l'énergie élec-

Digitized by Google

trique à Paris (1). — Les distributions d'énergie électrique existent depuis longtemps à Paris, depuis 1877 par les installations privées, et depuis 1889 par stations centrales.

I. *Les stations centrales.* — En ce qui concerne les stations centrales, l'auteur rappelle d'abord un court historique. Il mentionne les essais d'éclairage effectués en 1878, 1879, 1882, 1884, et arrive à l'inauguration de la première station centrale de Paris, l'usine dite de la Cité Bergère, le 21 juin 1887. L'incendie de l'Opéra-Comique le 27 mai 1887 a réveillé l'attention, et en 1888 les théâtres commencent à s'installer. Mais ce n'est que le 29 décembre 1888 que le cahier des charges relatif aux concessions de canalisation électrique dans Paris est voté par le Conseil municipal. La surface de Paris est divisée en un certain nombre de secteurs. A cette époque, en 1889, sont constituées et acceptent le cahier des charges : la *Compagnie continentale Edison*, la *Société d'Éclairage et de Force par l'électricité* et la *Compagnie V. Popp*, actuellement *Compagnie parisienne de l'Air comprimé et d'Électricité ;* le réseau municipal entreprend également ses travaux pour l'éclairage électrique des Halles centrales et des abords. Par des efforts considérables, les grands boulevards peuvent bientôt être éclairés électriquement par les Sociétés. En 1890, la *Société du secteur de Clichy* obtient une concession et, en 1893, sont définitivement constituées la *Société du Secteur des Champs-Élysées* et la *Société du Secteur de la Rive gauche.*

L'utilisation la plus grande de l'énergie électrique est actuellement faite pour l'éclairage. Mais depuis

(1) D'après une communication de M. J. Laffargue à la Société internationale des Électriciens, novembre 1895.

Digitized by Google

quelque temps, les moteurs électriques commencent à être employés surtout pour les manœuvres des ascenseurs, en raison du prix de l'eau, porté à 60 centimes le mètre cube.

Les moteurs à courants continus fonctionnent dans de très bonnes conditions; les moteurs à courants alternatifs exigent encore à la mise en marche des précautions qui rendent jusqu'ici leur emploi peu pratique; mais la question est à l'étude.

Le point faible dans la marche actuelle des stations centrales est toujours une consommation nulle dans la journée et maxima à la tombée de la nuit. On a remédié en partie à ces inconvénients par un emploi rationnel et bien combiné des accumulateurs électriques.

Étude détaillée des secteurs. — La *Compagnie continentale Edison* possède actuellement trois usines : la station Drouot, dite Cité Bergère, la station Trudaine et la station du Palais-Royal, d'une puissance totale actuelle de 2 400 kw. Il existe aussi une sous-station rue Saint-Georges. On installe en ce moment à la station Trudaine un groupe électrogène de 900 chevaux avec dynamos Brown. Ces trois usines peuvent être montées en quantité suivant les besoins du service; la marche de jour peut également être assurée par l'une d'elles.

Le nombre des foyers installés est de 88 000 lampes de 10 bougies, et le nombre total de moteurs est de 30, d'une puissance totale de 36,8 kw, variable de 250 watts, à 4,5 kw pour chaque moteur.

La Société d'Éclairage et de Force par l'électricité effectue la distribution dans son secteur à l'aide de l'usine primaire de Saint-Ouen, à haute tension, de

Digitized by Google

600 kw, et à l'aide des usines réceptrices dans Paris, *Barbès* (360 kw), gare du Nord (465 kw) en partie réceptrice, et à l'aide des usines Bondy (400 kw), Filles-Dieu (400 kw), la Villette (200 kw), et Abattoirs (192 kw). La puissance totale est donc de 2 025 kw. Mais à l'usine de Bondy on enlève 2 moteurs dynamos Weyher-Desroziers de 100 kw chacun, et on ajoute un Corliss-Farcot-Desroziers de 441 kw, et une dynamo-turbine Laval-Desroziers de 220 kw. La puissance totale sera donc très prochainement de 2 552 kw.

Le nombre des lampes installées est de 70 000 de 10 bougies ; le nombre des moteurs est de 35 d'une puissance totale de 90 kw.

La consommation maxima de l'année n'est atteinte qu'au mois de décembre.

La *Société du Secteur de la place Clichy* a considérablement augmenté sa puissance depuis son établissement. Elle possède actuellement 3 moteurs-dynamos horizontaux de 350 kw, 3 moteurs verticaux de 350 kw également, ainsi que 3 machines à vapeur Armington et Sims actionnant des dynamos shunt de 50 kw pour la charge des accumulateurs, et 1 machine à vapeur verticale de 100 chevaux actionnant des survolteurs. La puissance totale est de 2 470 kw. Le réseau de cette Société s'est considérablement développé. Il est vrai de dire que tous les soins et toute la perfection désirables ont été apportés dans l'installation et dans l'exploitation. Certains feeders sont actuellement très chargés, et la Société étudie un moyen de réglage à l'aide de survolteurs.

Le nombre des lampes installées est de 95 000 de 10 bougies. Les moteurs électriques sont au nombre de 67, d'une puissance totale de 176 kw. Dans la station

Digitized by Google

centrale, 10 moteurs sont employés pour divers usages, mise en marche d'outils, pompe, etc.; nous signalons en particulier l'emploi d'un moteur électrique, avec appareil automatique de démarrage, pour la mise au point des machines à vapeur. Le rapport de l'assemblée générale ordinaire du 21 octobre 1895 insiste beaucoup sur le développement que peuvent prendre les ascenseurs électriques. La Société a actuellement signé des polices pour 31 ascenseurs et elle espère que dans l'année ce chiffre montera à 100.

La *Compagnie parisienne d'Air comprimé et d'Électricité* avait installé en 1889, au début, une série de petites usines à air comprimé d'une puissance totale de 600 chevaux, et d'autres plus importantes telles que la Bourse du Commerce, la Cité du Retiro, la rue des Jeûneurs. Ces usines ont rendu à cette époque de grands services pour entreprendre rapidement la distribution de l'énergie électrique sans attendre la pose des canalisations extérieures. On a ensuite installé l'usine du boulevard Richard-Lenoir, et on a transformé l'usine du lac Saint-Fargeau. Ces 2 usines produisent aujourd'hui des courants continus à haute tension, 2 ou 3 000 volts, et chargent à l'aide de lignes distinctes des batteries d'accumulateurs réparties dans 25 sous-stations. Les lignes sont distinctes, mais elles passent toutes deux dans toutes les stations, et peuvent être alimentées chacune séparément par une des stations ou les deux en quantité par les deux usines en tension, suivant les régimes de marche adoptés. Les batteries d'accumulateurs, dans un nombre aussi grand de sous-stations, exigeaient un grand entretien, et n'ont pas donné toute satisfaction. On les a remplacées en grande partie par des transformateurs

Digitized by Google

rotatifs à courant continu, formés de deux dynamos Thury, montées sur le même arbre, d'une puissance de 40 ou 80 kw suivant les cas.

La Compagnie parisienne semble aujourd'hui ne pas apprécier beaucoup l'emploi de sous-stations multiples, et elle a l'intention de les remplacer par 2 ou 3 grandes sous-stations. La sous-station Saint-Roch, en particulier, renferme 3 groupes de 4 transformateurs en tension alimentant un réseau à 5 fils pour desservir le quartier Vendôme. Deux groupes de transformateurs ont une puissance de 80 kw, et le troisième une puissance de 40 kw. Il y a également 16 batteries d'accumulateurs de 50 kw.

Pour assurer encore une plus forte alimentation dans son réseau si étendu, la Compagnie parisienne fait installer sur le quai Jemmapes une station centrale (distribution à 5 fils) qui aura, comme première installation, une puissance totale de 2400 kw (3 dynamos de 800 kw). Celle-ci alimentera, à l'aide de feeders en câbles sous plomb et armés de 1000 mm² de section, le réseau secondaire de la sous-station Saint-Roch, et assurera la charge de batteries établies dans une nouvelle sous-station en construction rue Mauconseil. Le réseau secondaire de la sous-station Saint-Roch sera donc monté en quantité avec les feeders de la station Jemmapes. Quand toutes ces installations seront terminées, la puissance totale des usines du secteur atteindra 4600 kw.

Le nombre des lampes desservies est actuellement de 80000 ; il n'y a pas de moteurs.

La *Société du Secteur des Champs-Élysées* fait la distribution à courants alternatifs à l'aide d'une station centrale établie à Levallois-Perret, sur les bords de la

Digitized by Google

Seine. L'usine, comprenant 3 alternateurs Hillairet, a une puissance de 1 200 kw ; elle installe actuellement un autre groupe moteur avec 1 alternateur Farcot. Des feeders aboutissent à la place de l'Étoile et alimentent eusuite divers sous-feeders. On compte actuellement 80 000 lampes de 10 bougies, dont 75 000 à incandescence et 160 lampes à arc. Les moteurs sont au nombre de 15, d'une puissance totale de 25,7 kw.

La *Société du Secteur de la rive gauche* avait, dès le mois d'octobre 1893, commencé son exploitation en utilisant la petite usine du Panthéon, d'une puissance de 100 kw. Elle a pu ainsi desservir quelques abonnés dans le quartier de la Sorbonne, et notamment les laboratoires de la nouvelle Sorbonne.

L'usine définitive est sur les bords de la Seine, à Issy : elle a une puissance de 4 000 kw, fournie par 10 alternateurs Ganz de 400 kw à 3 000 volts et à 42 périodes par seconde. La canalisation est faite avec des câbles concentriques Felten et Guillaume sous plomb et armés, isolés au jute et au papier. Ces câbles sont fabriqués par la Société industrielle des Téléphones dans ses usines de Bezons. L'inauguration de cette usine doit avoir lieu en mars 1896.

La *Station municipale des Halles centrales* n'a pas subi de grands changements depuis l'origine. Sa puissance totale est toujours de 570 kw, dont 240 kw pour les courants continus et 330 kw pour les courants alternatifs. On a seulement ajouté 4 dynamos Desroziers de 42,5 kw pour la charge d'une batterie d'accumulateurs, et 1 alternateur-volant Patin de 38 kw. Le nombre des lampes de 10 bongies installées est de 32 498 en courants continus et 9 069 en courants alternatifs. Il y a également 7 moteurs,

Digitized by Google

dont 4 sur les courants continus et 3 sur les courants alternatifs.

Puissance utile des stations centrales. — Il y avait à Paris :

En 1890.....	3 900	kilowatts.
1892.....	8 700	—
1894.....	11 300	—
1895 (fin d'année).....	21 305	—

Le tableau général suivant fixe complètement les idées sur les états, actuel et prévu, des stations centrales de Paris à la fin de l'année 1895.

ÉTAT DES STATIONS CENTRALES DE PARIS AU 31 DÉCEMBRE 1895

NOMS DES COMPAGNIES CONCESSIONNAIRES.	PUISSANCE TOTALE DISPONIBLE AUX USINES EN KW		ÉCLAIRAGE		MOTEURS	
	actuelle.	en installation.	Nombre de lampes de 10 bougies.	Puissance totale en kw.	Nombre de moteurs.	Puissance totale en kw.
Compagnie continentale Edison	2 400	680	88 000	3 080	30	36,8
Société d'Eclairage et de Force par l'électricité.....	2 025	500	70 000	2 450	35	90
Société du secteur de Clichy..	2 470	»	95 900	3 500	67	176,6
Compagnie parisienne de l'Air comprimé et d'Electricité...	2 200	2400	80 000	2 800	0	0
Société du Secteur des Champs-Elysées.....	1 200	400	80 000	2 800	15	25,7
Société du Secteur de la Rive gauche.....	100	4000	»	»	0	0
Réseau municipal.....	570	0	41 567	1 455	7	2
	10 965	7980	454 567	16 085	150	331

Digitized by Google

TABLEAU DE LA CONSOMMATION TOTALE D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE PAR ANNÉE

1889	480 784 kw-h.
1890	2 284 485 —
1891	4 671 706 —
1892	5 987 538 —
1893	6 986 927 —
1894	7 883 434 —

Les stations centrales, malgré des difficultés de toutes sortes, se sont suffisamment étendues à Paris. L'éclairage public par lampes à arc est peu développé, et le nombre de moteurs électriques installés très faible, peu en rapport avec le nombre de ceux en service en Allemagne et en Amérique.

II. *Les installations privées :*

STATISTIQUE DES INSTALLATIONS PARTICULIÈRES A PARIS.

Puissance des installations à diverses époques.

1873...	Essais divers (ateliers Gramme).		
1877...	230 chevaux.		
1883...	900	—	
1889...	12 100	—	dont 11 000 à vapeur.
1892...	16 000	—	(vapeur) et 1450 chevaux (gaz).
1893...	20 000	—	— 1760 —
1895...	23 000	—	(environ) (vapeur) et 2260 chevaux (gaz).

Nature et puissance des Installations électriques particulières.

		Puissance en chevaux.
Installations municipales :		
A vapeur. — Hôtel de Ville, Champ-de-Mars, Bercy, Parc Monceau, Buttes Chaumont		1 220
Installations privées :		
A vapeur. — Théâtres (Opéra, Châtelet, Opéra-Comique, Odéon, Gymnase, Olympia, Gaité, Casino de Paris, Parisiana)	3 000	21 780
Gares (Saint-Lazare, Est, Orléans, Montparnasse, Sceaux, Lyon)	2 000	
Hôtels (Grand Hôtel, Continental)	500	
Grands magasins (Bon-Marché, Louvre, Printemps, Ville de Saint-Denis, Gagne-Petit, Ville de Londres, Place Clichy)	3 000	
Cafés, restaurants, cercles	200	
Diverses (usines, fabriques, etc)	13 000	
A reporter		23 080

Digitized by Google

Report.....	23 080
A gaz. — Hôtel moderne, Palais du Sénat, École Boule, Palais de glace, brasseries, cafés, bazars), 730 moteurs.....	2 260
A air comprimé. — Société d'Encouragement, Samaritaine, etc. (grand maximum).....	500
Total général.....	25 760

Il y a donc actuellement à Paris une puissance mécanique de plus de 36 000 kilowatts, exclusivement consacrée à l'éclairage électrique, et près de 8 000 kilowatts en installation.

Conclusion. — Les stations centrales d'énergie électrique à Paris se sont suffisamment développées jusqu'à ce jour, malgré de grandes difficultés d'installation et d'exploitation, et malgré une durée très réduite et trop courte des concessions. Dans ces conditions, il n'est pas possible d'engager un capital important, qui serait nécessaire pour assurer une bonne installation et une exploitation soignée. Cependant, on compte pour l'électricité à Paris une puissance totale de 51 500 chevaux, dont 48 700 à vapeur. Si l'on considère qu'il y a à Paris, à la fin de 1895, environ 80 000 chevaux, on voit les résultats remarquables atteints par les distributions d'énergie électrique centrales ou privées.

Les installations particulières sont encore trop nombreuses. En dehors des considérations qui font qu'une maison importante désire disposer de son éclairage à volonté et l'assurer comme elle l'entend, la question de prix est également sérieuse. Les secteurs n'ont pu fournir jusqu'ici, même pour de grandes installations, l'énergie électrique à un prix inférieur à 8 et 9 centimes l'kw-h. Dans une installation, des constructeurs ont offert de construire l'usine et de fournir l'énergie au prix de 6 centimes l'kw-h, en aban-

Digitized by Google

donnant l'usine à l'abonné après 10 ans de service.

C'est une erreur, au point de vue des stations centrales, de laisser installer ainsi une série de petites usines; il serait préférable de s'adresser aux secteurs; il faudrait que les Compagnies pussent, à leur tour, faire des conditions moins onéreuses. Il serait pour cela nécessaire que les concessions soient prolongées et que les usines productrices soient transportées en dehors de Paris, pour éviter tous les ennuis de l'intérieur des villes.

Digitized by Google

CHAPITRE XVII

TRACTION ÉLECTRIQUE

Locomotives : Heilmann, Compagnie du Nord, Siemens, Thomson-Houston. — Tramways : 1° à accumulateurs (Saint-Denis) ; 2° à conducteurs aériens (Marseille, Bordeaux) ; 3° à rails conducteurs (Lyon) ; 4° à câble souterrain. — Voiture électrique.

Quelques tentatives ont été faites dans ces derniers temps pour appliquer la traction électrique aux chemins de fer.

Locomotive Heilmann. — La locomotive électrique de M. J.-J. Heilmann a été expérimentée le 2 février 1894 entre le Havre et Beuzeville et, depuis cette époque, entre Paris et Mantes.

Nous ne pouvons mieux faire comprendre les avantages de cette nouvelle machine qu'en empruntant à l'auteur lui-même le résumé suivant :

« La stabilité, l'adhérence, la puissance et la souplesse se trouvent, par le seul effet du mode de transmission de puissance inhérent à la locomotive de Stephenson, en conflit réciproque et constant, et, si l'on en développe une, c'est au détriment des autres. On semble arrivé aujourd'hui au maximum de ce qu'il est, dans cette voie, possible de réaliser sans troubler l'harmonie nécessaire entre des nécessités divergentes.

Digitized by Google

« Si l'on substitue la transmission électrique à la transmission mécanique, toutes ces difficultés s'évanouissent.

« La stabilité n'est plus mise en danger, ni par le diamètre des roues, qui prennent le diamètre des roues de wagons, ni par les mouvements perturbateurs des organes de transmission, car le mouvement est transmis par des organes souples et fixes, tels que des câbles, et non par des masses pesantes en continuelle oscillation, telles que des bielles.

« L'adhérence est complète. Chaque essieu devient un essieu moteur, sans qu'il en rejaillisse la moindre sujétion par ailleurs ni sur la souplesse du véhicule ni sur autre chose.

« La puissance comporte un développement considérable. Grâce au système des bogies, la plate-forme de la locomotive peut recevoir un accroissement notable, qui permet de réaliser sur un même véhicule des puissances deux fois plus grandes qu'autrefois. Les plus puissantes locomotives ont donné 1000 chevaux pendant quelques instants. On peut aborder avec sécurité des locomotives donnant 2000 chevaux en travail prolongé.

« Enfin la souplesse est parfaite, puisqu'elle résulte de la construction naturelle de la locomotive.

« La locomotive n'est plus qu'un wagon comme un autre, du type des plus souples wagons, le wagon à bogie.

« Le changement dans le mode de distribution de la puissance motrice bouleverse les limites assignées par la théorie et l'expérience aux qualités fondamentales des locomotives de grande et de petite vitesse, les données actuelles relatives à la vitesse et à la

Digitized by Google

charge des trains, ainsi que les données qui se rapportent aux limites de rampes et de rayons des lignes nouvelles. »

Il semble cependant qu'on puisse reprocher à la locomotive Heilmann les pertes dues à la double transformation subie par la puissance mécanique, mais, comme la machine à vapeur fonctionne dans de meilleures conditions de rendement que sur les locomotives ordinaires, la perte serait plus que compensée, et l'on obtiendrait même une économie de charbon dans des conditions identiques.

La locomotive Heilmann se compose d'un véhicule portant une chaudière, une machine à vapeur, une dynamo génératrice et des moteurs actionnant les essieux; elle forme donc un ensemble indépendant, pouvant remorquer des wagons ordinaires, et développant, comme les locomotives de puissance moyenne, une puissance utile d'environ 500 chevaux, disponible sur les essieux.

La chaudière, du type Lentz, possède un foyer en tôle ondulée, prolongé par une chambre de combustion, où s'arrêtent les escarbilles entraînées, qu'on extrait périodiquement par un jet de vapeur. Les gaz chauds passent ensuite dans les tubes, qui sont relativement courts, et sont entraînés dans la boîte à fumée par l'échappement du moteur. Cette chaudière est alimentée par deux injecteurs; elle est disposée à l'arrière du véhicule, avec la cheminée en arrière, entre les réservoirs d'eau et les soutes à charbon.

Le moteur et la dynamo se trouvent à l'avant, laissant au milieu une place vide pour le chauffeur.

La dynamo génératrice, commandée directement par la machine à vapeur, est à courant continu, à

Digitized by Google

6 pôles, et possède un induit en anneau, de 1,24 m. de diamètre; elle donne normalement 400 volts et 1 000 ampères. Les inducteurs sont en acier doux fondu : les bobines ont des noyaux cylindriques, munis de pièces polaires rapportées. Trois paires de balais en charbon recueillent normalement le courant; mais la machine peut aussi fonctionner avec une seule paire.

Le courant d'excitation est fourni par une petite machine compound à 4 pôles, donnant 50 volts et 260 ampères, et qui sert en outre à l'éclairage du train. Cette excitatrice, qui fait 300 tours par minute, est commandée directement par un petit moteur pilon, à deux cylindres, dont les pistons agissent sur deux manivelles à 180°.

Le châssis de la locomotive est porté par deux bogies à quatre essieux; une disposition simple répartit la charge sur les essieux d'une manière toujours égale, sans balanciers ni aucun organe intermédiaire. Chaque bogie porte quatre moteurs à quatre pôles, avec deux bobines inductrices; tous ces moteurs sont logés sous la machine; ils absorbent chacun 400 volts et 125 ampères, soit 50 kilowatts.

Les inducteurs sont en acier coulé; les enveloppes sont fondues d'une seule pièce; les noyaux des bobines, cylindriques, sont rapportés. L'induit, qui a 65 centimètres de diamètre, est un anneau; il est muni d'une denture, qui sert surtout à l'entraînement mécanique du fil; il est monté sur un tube d'acier, qui porte tout le moteur et qui entre sur l'essieu, dont il est séparé par une matière isolante et élastique, appelée *woodite*, qui a sur le caoutchouc l'avantage d'être inattaquable par l'huile. Ce tube

Digitized by Google

porte à l'une de ses extrémités un plateau muni d'un certain nombre d'encoches, garnies de woodite, dans lesquelles s'engagent des pièces fixées aux bras de la roue. Le moteur repose donc sur une substance élastique et entraîne la roue par accouplement élastique, disposition qui évite les chocs au démarrage et diminue le martelage de la voie. Les inducteurs reposent sur le tube d'acier par deux coussinets à graissage automatique. Les balais sont en charbon. L'une des roues peut s'enlever facilement pour permettre l'accès du moteur.

Les huit moteurs sont reliés directement à la dynamo, sans l'interposition d'aucune résistance : ils sont divisés en deux groupes, qui peuvent se monter en tension ou en quantité, suivant la puissance et la vitesse qu'on veut obtenir. Chaque moteur est muni d'un interrupteur, qui permet de le supprimer du circuit.

Le changement de marche est produit par un inverseur, qui change le sens des connexions des inducteurs dans tous les appareils simultanément.

Les freins sont commandés par des cylindres à air comprimé, qui permettent d'accoupler la locomotive avec des wagons munis du frein de Wenger ou de Westinghouse.

Le levier de commande de la machine à vapeur principale, le rhéostat, les commutateurs, la commande des freins, les appareils de mesure et de contrôle, sont placés à l'avant, auprès du pilote. Un avant-bec taille-vent supporte tous ces appareils et abrite le pilote et la machinerie. La figure 128 montre la machine dépourvue de cette enveloppe; on aperçoit en arrière la chaudière, en avant la machinerie ;

Digitized by Google

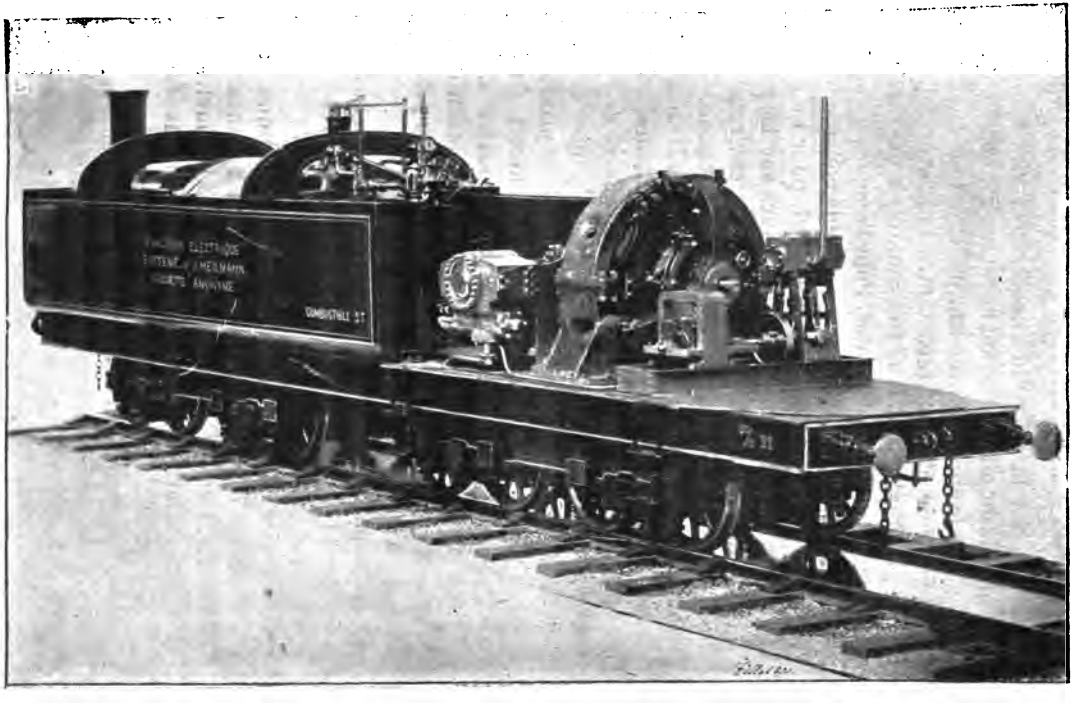

Fig. 128. — Vue d'ensemble de la Fusée électrique.

Digitized by Google

au milieu est la place du chauffeur, et tout à fait à l'avant celle du pilote. Devant la grande dynamo se voit la machine excitatrice avec son petit moteur spécial.

Après avoir été inaugurée entre le Havre et Beuzeville, la *Fusée électrique* fut soumise à un service régulier, entre Paris et Mantes. Pour l'amener d'abord à Paris, il fallut, étant donné son poids considérable (115 tonnes), la décharger notablement, pour lui permettre de traverser certains des viaducs sur lesquels la ligne du Havre franchit la Seine aux environs de Rouen, et qui étaient alors en cours de réfection.

Pour la même raison, la locomotive Heilmann ne pouvait circuler sur l'ancienne ligne de Mantes, dont on reconstruisait les viaducs de Maisons et de Garenne-Bezons ; elle fut donc placée sur la ligne de la rive droite, après qu'on eut examiné les effets produits par son passage sur le vieux pont d'Argenteuil. On a trouvé que, si la flèche donnée par la poutre était environ d'un tiers plus grande qu'avec les machines ordinaires, qui pèsent 65 tonnes, le travail des pièces du pont n'était pas sensiblement plus grand, ce qui montre bien l'influence des mouvements perturbateurs de ces machines. Les expériences durèrent du 1er au 9 mai.

Le dernier jour, la *Fusée électrique* remorqua un train pesant 75 tonnes environ de Paris à Mantes en 52 minutes. La vitesse a varié de 55 à 105 kilomètres, sans que l'allure ait cessé d'être parfaitement régulière ; c'est là la caractéristique de cette machine.

Malgré les qualités incontestables que présente cette locomotive, elle paraît avoir encore besoin de quelques perfectionnements, tels que diminution de poids et augmentation de puissance.

Digitized by Google

La figure 129 montre l'aspect extérieur de la *Fusée électrique;* c'est la reproduction d'une photographie

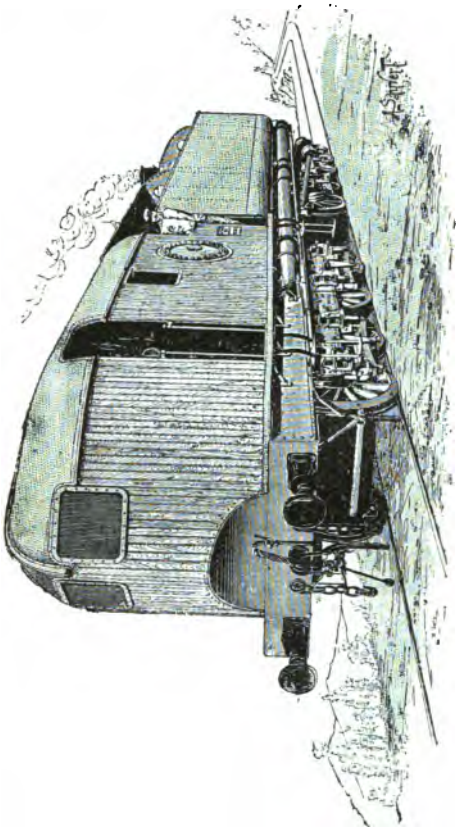

Fig. 129. — Aspect extérieur de la locomotive Heilmann.

prise le jour même où cette machine est sortie des ateliers de la Compagnie des forges et chantiers de la Méditerranée. L'appareil photographique était placé

Digitized by Google

près de la voie, latéralement et un peu en avant du taille-vent.

Locomotive de la Compagnie du Nord. — De son côté, la Compagnie du Nord a été conduite à étudier une locomotive électrique, non dans le but d'augmenter la vitesse, mais pour l'établissement du Métropolitain. Cette Compagnie avait accepté de faire à ses frais deux prolongements de ses lignes vers l'Opéra et vers les Halles centrales, et, pour éviter à la Compagnie du Métropolitain des constructions coûteuses d'ateliers, de dépôt de machines, de voitures, etc., elle avait consenti à se charger au prix de revient de la traction des trains. Elle eut à s'expliquer alors devant la commission d'enquête et devant la commission du Conseil municipal sur les moyens qu'elle employerait pour assurer la ventilation des souterrains et la traction des trains.

Pour ces dernières questions, on s'arrêta à la solution la plus simple, c'est-à-dire qu'on résolut de rendre la ventilation inutile en employant pour la traction des machines spéciales, évitant l'introduction de vapeur ou de fumée dans les galeries souterraines. Dans ce but, on a combiné et réalisé, avec le concours de MM. Francq et Mesnard, une locomotive ordinaire permettant de marcher en souterrain, sans dégager de vapeur ou de fumée, sur un parcours de 5 kilomètres (gare du Nord aux Halles) ; cette machine pèse près de 60 tonnes et possède une puissance de traction de 10600 kilogrammes, tandis que les locomotives du Métropolitain de Londres, qui pèsent 47 tonnes, n'ont qu'une puissance de 5820 kg.

En même temps, la Compagnie du Nord a mis à l'étude une locomotive électrique, destinée à marcher

Digitized by Google

avec une vitesse toujours égale, dans les montées comme dans les descentes. Il fallait pour cela emmagasiner une partie de la puissance produite dans le premier cas pour l'utiliser dans le second; on s'est servi dans ce but d'accumulateurs. Le moteur électrique fonctionne donc en palier avec sa puissance normale; à la descente, le long des déclivités, l'excès de courant va charger les accumulateurs; aux montées, les accumulateurs restituent ce qu'ils ont pris, et leur courant s'ajoute à celui du générateur. C'est, comme on voit, ingénieux, et l'on peut réduire ainsi la puissance effective du générateur et réaliser finalement des économies.

En outre, comme il s'agit seulement d'une machine d'études, les accumulateurs constituent l'unique source d'électricité, tandis que, pour une locomotive destinée à un service courant, il faudrait évidemment employer une dynamo actionnée par une machine à vapeur, et les accumulateurs ne serviraient plus que de régulateurs de vitesse.

Les accumulateurs employés sont au nombre de 80, du type de la Société pour le travail électrique des métaux. Quatre accumulateurs étant réservés pour l'excitation des inducteurs, les soixante-seize autres sont répartis en quatre batteries de dix-neuf. Une de ces batteries a encore un usage spécial : elle fournit le courant à une petite dynamo qui commande le compresseur d'air du sifflet de la locomotive et du frein.

Le poids total de ces accumulateurs est de 14000 kilogr. et la capacité totale de la batterie atteint 148 400 ampèreheures. A la vitesse de 40 kilomètres à l'heure, la batterie serait par conséquent

Digitized by Google

déchargée en quatre ou cinq heures. Toutefois, cette durée peut être plus considérable, car, dans les pentes, les accumulateurs sont partiellement rechargés par les dynamos.

Le courant des accumulateurs actionne 4 moteurs, montés sur le prolongement des essieux extrêmes de la machine, qui est à trois essieux.

Les inducteurs de ces appareils sont à 4 pôles et permettent d'obtenir, avec une vitesse régulière faible, une grande vitesse de déplacement des fils des anneaux dans les champs magnétiques, conditions nécessaires pour obtenir un bon rendement. Ils sont portés par des ressorts fixés au châssis de la locomotive et alimentés chacun par quatre accumulateurs spéciaux qui, par des accouplements variés, permettent une excitation plus ou moins énergique des inducteurs. On peut obtenir ainsi des vitesses qui croissent de 1 à 4, la plus grande réservée naturellement pour franchir les rampes.

Les anneaux de ces moteurs sont calés directement sur les essieux. Ce procédé de montage est nouveau et donne le moyen de visiter aisément les balais du collecteur, en même temps qu'il facilite l'enlèvement rapide de l'induit en cas d'avarie.

Ces moteurs développent normalement 30 chevaux chacun, mais ils sont susceptibles de fournir une puissance double et même 100 chevaux pendant la période très courte du démarrage.

Locomotive Siemens. — A Londres, MM. Siemens ont fourni deux locomotives à la *City and South London Electric Railway C°*. La vitesse de ces machines oscille, dans la traversée du souterrain, entre 20 et 50 kilomètres à l'heure, avec des puissances

Digitized by Google

variables de 40 à 60 chevaux; le rendement serait excellent, 92 p. 100.

Locomotive Thomson-Houston. — La Compagnie Thomson-Houston exposait à Chicago une locomotive de 30 tonnes, qui a été, pendant près de six mois, en service sur le *Boston and Maine R. R. C°*. Cette locomotive a été construite pour la traction à grande vitesse sur les lignes de banlieue ou les chemins de fer métropolitains; elle peut atteindre une vitesse maximum de 80 kilom. à l'heure, mais ne dépasse pas normalement 50 kilomètres.

Cette machine porte deux moteurs à 4 pôles, dont 2 saillants et 2 conséquents : leur induit se compose de tôles laminées munies de dents, entre lesquelles se logent des conducteurs plats et nus, isolés par du mica moulé à la forme de la rainure. L'enroulement est du genre Gramme et l'excitation se fait en série.

Le mécanisme (fig. 130) comprend deux essieux moteurs, sur lesquels les moteurs électriques agissent directement, et un châssis en fer dont les longerons sont constitués par de simples fers en T, sur lesquels sont rivées des pièces de fonte, boulonnées elles-mêmes à la partie inférieure des boîtes de graisse. Le poids des moteurs se transmet à ces longerons par l'intermédiaire d'entretoises, maintenues entre deux ressorts à boudins fixés sur les longerons, qui amortissent les chocs et limitent la variation de position de la carcasse en fonte sur laquelle sont boulonnées les pièces polaires des moteurs.

L'arbre de chaque induit est creux et traversé par l'essieu correspondant, auquel il est réuni par un couplage universel permettant le mouvement dans tous les sens.

Digitized by Google

La cabine qui surmonte le truck renferme un appareil de contrôle, qui sert au réglage des moteurs. Au départ, la manivelle de ce contrôleur met les moteurs en série avec une résistance additionnelle, ce qui assure un démarrage très facile et très doux. On enlève ensuite la résistance progressivement, puis on groupe les moteurs en quantité. Enfin le contrôleur permet de réaliser pendant la marche diverses dispositions donnant des vitesses différentes.

Le courant est fourni par une station centrale et pris au moyen d'un trolley.

Voici, d'après l'*Industrie électrique*, à laquelle nous empruntons cette description, les principales données de cette locomotive :

Poids	30 tonnes.
Efforts de traction en marche normale	3200 kilog.
Effort de traction au démarrage	6500 —
Longueur totale	5,53 mètres.
Largeur totale	3,51 —
Hauteur totale	2,51 —
Écartement des essieux	1,676 —
Rendement des moteurs à la vitesse de 40 km. à l'heure	90 p. 100.
Rendement des moteurs à la vitesse de 32 km. à l'heure	87 —
Rendement des moteurs à la vitesse de 16 km. à l'heure	87 —
Rendement des moteurs à la vitesse de 8 km. à l'heure	43 —

Les freins, à air comprimé, sont commandés par un compresseur d'air mû par un moteur indépendant, de 6 à 7 chevaux, placé dans la cabine. L'air comprimé alimente également le sifflet.

Un autre modèle, de 40 tonnes, est établi pour rendre les mêmes services qu'une locomotive à vapeur

Digitized by Google

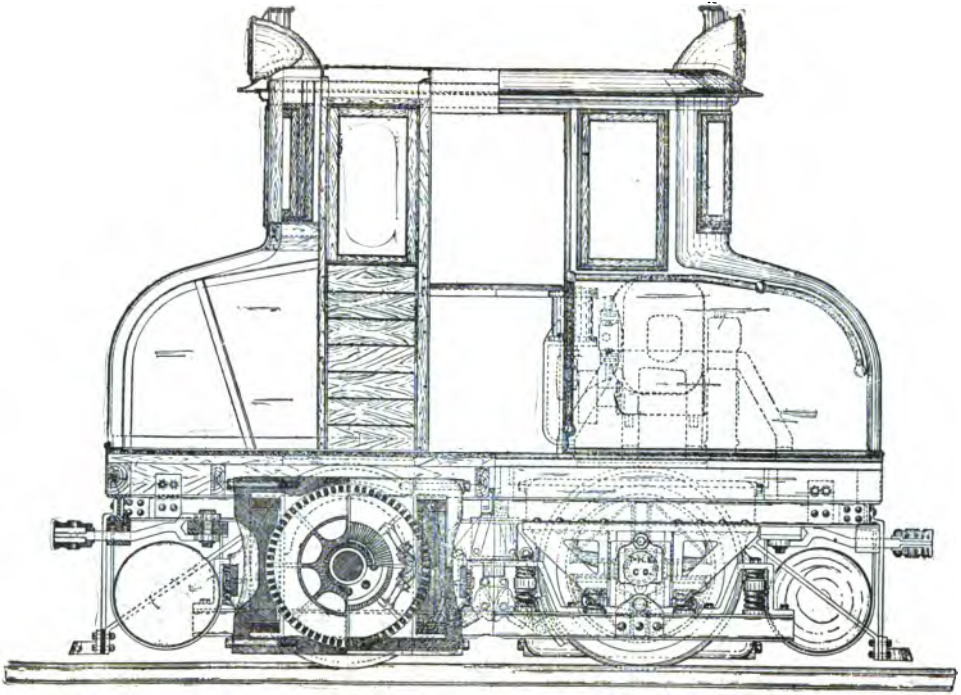

Fig. 130. — Mécanisme de la locomotive Thomson-Houston.

Digitized by Google

d'un poids analogue, la vitesse ne dépassant pas 50 kilomètres.

Enfin, des locomotives de 90 tonnes vont être livrées prochainement à la *Baltimore and Ohio Railroad C°* pour servir à la traversée souterraine de la ville de Baltimore. Elles devront remorquer des trains pesant jusqu'à 1 200 tonnes dans un tunnel de 5 kilomètres de longueur, présentant une rampe continue de 8 p. 1 000; la vitesse doit être de 25 kilomètres. Dans ces conditions, ces machines exerceront un effort de traction de 15 000 kilogrammes et développeront une puissance de 1 600 chevaux. Les trains de voyageurs ne pèseront que 500 tonnes et circuleront avec une vitesse de 50 kilomètres.

Ce modèle comporte trois trucks à 4 roues; chaque essieu est commandé par un moteur de 225 kilowatts, faisant 70 tours par minute. Les induits sont concentriques aux essieux et reliés avec eux par un accouplement universel élastique. Les inducteurs sont à 6 pôles.

Les données principales de ces machines sont les suivantes :

Poids	900	tonnes.
Effort maximum de traction	27 000	kilogr.
Hauteur totale	4,34	m.
Longueur totale	15,40	—
Largeur totale	2,90	—
Empattemant des roues d'un truck	2,08	—
Empattement total	11,84	—
Diamètre des roues	1,574	—
Largeur de la voie	1,435	—
Nombre des roues motrices	12	

TRAMWAYS ÉLECTRIQUES.

Tramways à accumulateurs. — On fait généralement remonter à 1883 les premiers essais de traction électrique de tramways par accumulateurs. En réalité, les

Digitized by Google

premières expériences furent faites à Paris, le 25 mai 1881, par M. N.-J. Raffard, à l'aide d'une voiture à 50 places de la Compagnie des Omnibus et d'accumulateurs Faure : la dynamo était placée à l'arrière, au-dessous du plancher. Malgré les conditions défectueuses dans lesquelles eut lieu cette tentative, on put constater la possibilité d'employer l'électricité à la traction de ces voitures. Le même véhicule fut remis en expérience le 24 juin 1883, avec une dynamo plus parfaite et plus légère, et put faire le trajet de Paris à Versailles, aller et retour.

Tramways de Saint-Denis. — La Compagnie des tramways de Paris et du département de le Seine, qui a son dépôt à Saint-Denis, applique la traction électrique sur ses trois lignes : Saint-Denis-Madeleine; Saint-Denis-Opéra; Saint-Denis-Neuilly. La traction électrique a été substituée à la traction animale en 1892 sur les deux premières lignes et en 1893 sur la dernière.

Les voitures employées sont automobiles, à impériale couverte, et comportent 50 places, dont 24 d'impériale, 20 d'intérieur et 6 de plate-forme ; elles sont éclairées au moyen de 4 lampes à incandescence, alimentées par la batterie d'accumulateurs.

La caisse de la voiture repose, par l'intermédiaire de galets, sur deux trucks à un essieu portant des chevilles ouvrières. Ces deux trucks sont reliés entre eux par un système articulé, à ressort, qui permet aux essieux de converger dans les courbes, et les ramène au parallélisme en alignement droit (fig. 131).

Chaque essieu est actionné par une machine dynamo-électrique, au moyen de deux harnais d'engrenages. Le rapport des vitesses angulaires du

Digitized by Google

moteur et de l'essieu est de 12 à 1. Les engrenages sont en fonte, à chevrons; dans les premiers trucks construits, le premier harnais baigne complètement dans l'huile; dans les derniers, la même disposition a été appliquée également au second. Les moteurs électriques sont bipolaires, du type Manchester, à induits Gramme. Ils sont excités en série. Les balais sont constitués par quatre blocs de charbon placés normalement à la surface du collecteur.

Chaque machine peut développer, à la vitesse de 1 350 tours, une puissance de 10 000 watts, sous une différence de potentiel de 200 volts. Dans ces conditions, le rendement entre les bornes de la dynamo et l'essieu atteint 75 p. 100.

Les trucks et leurs moteurs ont été construits par M. Averly, de Lyon. Ils sont munis d'un frein à enroulement Lemoine. Les caisses ont été fournies par M. Morel Thibaut.

Les accumulateurs sont du système Laurent-Cély, décrit plus haut. Sous les banquettes de chaque voiture sont disposées 12 caisses en bois, 6 de chaque côté, renfermant 108 éléments à 11 plaques.

Les neuf éléments d'une caisse sont groupés en tension, et les pôles des petites batteries ainsi formées aboutissent chacun à une bande de cuivre fixée sur l'une des parois latérales de la caisse.

Dans la voiture sont montées à ressort, sur des supports en bois, des lames de laiton. L'introduction des caisses entre ces lames, sur lesquelles glissent les bandes de cuivre, établit automatiquement les connexions entre tous les éléments de la batterie.

La charge des batteries se fait sur des bancs formés de madriers goudronnés, supportés par des

Digitized by Google

piles en briques, dont ils sont séparés par des isolateurs en verre. Ces bancs portent des contacts à ressort semblables à ceux des voitures. La batterie placée sur le banc de charge a tous ses éléments groupés en tension.

La salle des accumulateurs comporte vingt-quatre emplacements de batteries. Chacun d'eux est relié au tableau de distribution du courant de charge par un circuit spécial, contenant un ampèremètre, un indicateur de sens de courant et, sur chaque pôle, un coupe-circuit et un interrupteur.

La manutention des batteries, entre les bancs de charge et les voitures, se fait au moyen de wagonnets roulant sur des voies Decauville, qui longent les bancs et les voies de garage des voitures. Quand une voiture rentre pour échanger sa batterie déchargée contre une autre, sept wagonnets sont rangés de chaque côté de la voie de garage. Six supportent les caisses d'accumulateurs fraîchement chargés; le septième est vide. On fait glisser la première caisse de la batterie contenue dans la voiture sur ce dernier wagonnet, et on l'emmène vers la place qu'elle occupera sur les bancs de charge. La première caisse de la nouvelle batterie passe de son wagonnet dans le compartiment libre de la voiture, et reçoit la seconde caisse de l'ancienne batterie, et ainsi de suite.

La plateforme des wagonnets est mobile au moyen d'une vis et d'un volant, de façon à pouvoir être amenée exactement au niveau, soit de l'intérieur de la voiture, soit de la plate-forme du banc de charge. Toute la manœuvre du changement de batteries se fait en cinq minutes au maximum. L'emploi des wagonnets a été imposé par l'exiguité du local

Digitized by Google

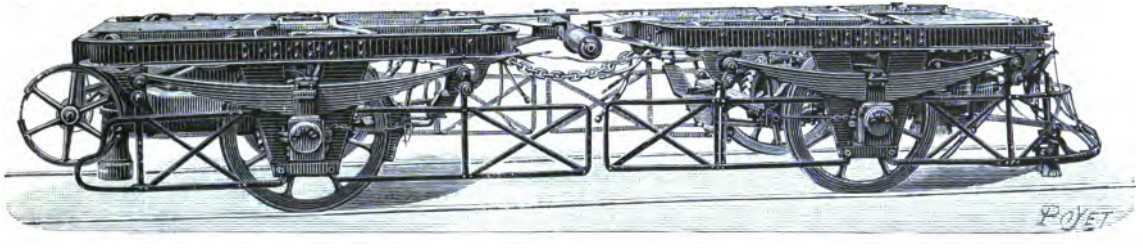

Fig. 131. — Mécanisme d'une voiture automobile.

Digitized by Google

disponible pour les bancs de charge des accumulateurs au moment de l'installation, qui s'est faite en cours d'exploitation.

Le courant de charge des accumulateurs est fourni par trois machines dynamo-électriques Desroziers, construites par la maison Bréguet.

Chacune d'elles est actionnée par une machine Corliss horizontale à condensation, de la force de 125 chevaux. Deux de ces machines tournent à la vitesse de 75 tours, la troisième à celle de 160 tours. Cette dernière conduit sa machine dynamo au moyen d'un seul système de poulies, les deux autres à l'aide d'une transmission intermédiaire. Les machines sont alimentées par trois chaudières semi-tubulaires. L'installation mécanique est due à M. E. Garnier.

Les machines dynamos génératrices engendrent, à la vitesse de 600 tours, un courant de 230 ampères, sous une force électromotrice de 260 volts. Elles sont groupées en quantité, ainsi que les circuits des batteries en charge. La charge des batteries se fait à potentiel constant sous 260 volts. Ce système a été préféré à cause de sa rapidité et de sa simplicité.

Il pourrait arriver que le courant d'une batterie déjà complètement chargée vienne à se déverser dans d'autres batteries au début de leur charge. L'indicateur de sens de courant intercalé dans le circuit de la batterie chargée met en mouvement dans ce cas une sonnerie d'avertissement, et on sépare immédiatement cette batterie du circuit des machines.

On laisse les batteries se charger jusqu'au moment où elles ont absorbé un nombre d'ampèreheures égal à celui qu'elles ont débité en service, avec une augmen-

Digitized by Google

tation correspondant au rendement en quantité des accumulateurs, qui est de 85 p. 100.

Le nombre des ampèreheures débités a été déterminé expérimentalement pour chaque parcours, au moyen d'un ampèremètre enregistreur placé sur une voiture d'essai. La durée de la charge est de six heures pour une batterie ayant fourni toute sa capacité, qui est de 230 ampèreheures, soit 52 chevaux-heure. Le rendement en énergie des batteries s'élève à 70 p. 100.

Deux machines fonctionnent pour la charge pendant 23 heures par jour, la troisième machine n'est en marche que 6 heures.

Les nécessités de l'exploitation exigent la possibilité de marcher à des vitesses variées. On réalise ce desideratum en modifiant le couplage des éléments des batteries.

Dans la voiture, la batterie se trouve divisée en quatre parties ou sous-batteries comportant chacune trois caisses, soit 27 éléments en tension, qui correspondent à une différence de potentiel à circuit fermé de 50 volts environ. Au moyen du commutateur-coupleur mis à la disposition du cocher de la voiture, on a la faculté d'obtenir les trois couplages suivants :

1° Les quatre sous-batteries groupées en quantité ; force électromotrice 50 volts ;

2° Deux groupes de deux sous-batteries en tension, associés en quantité ; force électromotrice 100 volts ;

3° Les quatre sous-batteries en tension ; force électromotrice 200 volts.

La vitesse du véhicule varie en passant d'un couplage à l'autre, dans le rapport de 1 à 2.

Les moteurs des voitures sont normalement associés en série. Toutefois, on peut, au moyen du commutateur,

Digitized by Google

les coupler en quantité, de façon à obtenir une plus grande vitesse ou à développer un plus grand effort. Ce mode de marche n'est employé que dans des cas exceptionnels.

Le commutateur permet encore : 1° de réaliser la marche avant et la marche arrière du véhicule, en renversant le sens du courant dans les circuits inducteurs des moteurs ; 2° de supprimer, en cas d'avarie. l'un des moteurs, enfermant sur eux-mêmes les circuits de la machine avariée, dans la position correspondant au couplage des machines en série. Un seul moteur est suffisant pour continuer la marche et ramener la voiture au dépôt, avec une légère diminution de la vitesse.

L'appareil renferme en outre quatre interrupteurs, commandant les circuits des lampes à incandescence qui servent à l'éclairage. Chacune d'elles se trouve branchée sur l'une des quatre sous-batteries.

La substitution de la traction électrique par accumulateurs à la traction animale s'est traduite par une économie sur les frais de traction de 0,03 fr. par kilomètre-voiture, et il y a lieu de remarquer que cette diminution est en réalité plus élevée, car les voitures à traction animale employées sur la ligne de l'Opéra ne contenaient que 46 voyageurs et celles de la ligne de la Madeleine 32, tandis que les voitures automobiles en reçoivent 50. Les recettes ont aussi augmenté de 0,05 fr. par kilomètre-voiture.

Tramways à conducteurs aériens. — *Tramways de Marseille.* — La traction animale donnait à Marseille d'assez mauvais résultats, car le vent humide de la mer rend souvent le pavé glissant, surtout dans les rampes, qui sont assez fortes en certains points.

Digitized by Google

Aussi les frais de traction par kilomètre, pour une voiture à deux chevaux, s'élevaient à 0,40 fr., tandis qu'ils sont seulement de 0,30 fr. à Toulouse, de 0,32 fr. à Bordeaux et de 0,25 à Milan et à Florence.

Après divers essais, on a remplacé ce mode de traction par l'emploi de l'électricité (1892). Le courant est amené par un trolley et le retour se fait par les rails.

L'usine génératrice, située boulevard Mirabeau, contient trois chaudières multitubulaires du système de Naeyer, d'une surface de chauffe de 90m² chacune, et munies de réchauffeurs de 70m². Trois machines à vapeur compound, verticales, du système Hoffmann d'Œrlikon, de 100 chevaux effectifs chacune, à échappement libre, actionnent directement un nombre égal de dynamos bipolaires, du type Œrlikon, donnant 66 000 watts à la tension normale de 550 volts. Ces machines sont à enroulement compound.

La ligne aérienne, qui part du pôle positif des dynamos, est formée de deux fils parallèles, ce qui a permis de leur donner un moindre diamètre et de rendre l'aspect moins désagréable; elle est fixée à chaque poteau par deux isolateurs, de façon que la rupture de l'un d'eux n'entraîne pas la mise à la terre du circuit; quant au retour, les extrémités des rails adjacents ont été réunies par des fils de cuivre, afin de diminuer la résistance.

Pour éviter autant que possible les interruptions de service, on a divisé la ligne aérienne en un certain nombre de sections indépendantes recevant chacune séparément le courant de l'usine.

Le courant pénètre dans chaque voiture par un trolley, fixé au haut d'une perche verticale, traverse un interrupteur de sûreté fixé à la partie supérieure

Digitized by Google

de la voiture, puis un plomb fusible; il passe ensuite dans les inducteurs des moteurs, qui sont excités en série, dans la résistance régulatrice qui sert à faire varier la vitesse, puis dans les deux induits, qui sont également disposés en série, et se rend aux rails par l'intermédiaire des roues, après avoir traversé le commutateur inverseur qui règle le sens de la marche.

Chaque moteur peut développer sur l'axe des roues une puissance de 15 chevaux. Le service est assuré par 8 voitures, effectuant chacune par jour un parcours maximum de 185 kilomètres, tandis que les voitures à chevaux ne faisaient que 80 à 100 kilomètres.

Chaque voiture est éclairée par 5 lampes de 110 volts montées en série, et porte deux régulateurs de vitesse, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière, qui servent suivant le sens de la marche; ce sont des rhéostats en ruban de nickeline, avec un certain nombre de touches permettant de régler la résistance du circuit. Le poids total d'une voiture vide est de 6 550 kilogrammes.

De nombreuses améliorations, apportées depuis quelque temps dans la disposition des moteurs et des engrenages, ont permis d'augmenter le rendement dans une proportion notable.

Tramways de Bordeaux. — Outre le tramway de Marseille, dont nous venons de parler, il existe encore en France deux autres installations à ligne aérienne, à Clermont-Ferrand et à Bordeaux. Cette dernière, qui a été terminée le 20 novembre 1893, relie Bordeaux au Vigean, en passant par le Bouscat.

La station centrale, située à peu près à égale distance des deux points extrêmes, comprend des machines à vapeur du type Mac Intosh et Seymour,

Digitized by Google

qui sont analogues aux moteurs Armington et Sims : ce sont des machines compound, horizontales, à grande vitesse, sans condensation, qui font 235 tours par minute et ont chacune une puissance de 150 chevaux. La vapeur est fournie par des chaudières Babcock et Wilcox, de 132 m² de surface de chauffe chacune, qui peuvent vaporiser 1 850 kg. d'eau à l'heure ; les deux dynamos, commandées par courroie, sont du système Thomson-Houston, à 4 pôles, de 100 kilowatts : elles font 650 tours par minute et donnent aux bornes une différence de potentiel de 500 volts sans charge et de 550 volts à pleine charge.

La ligne, qui présente une longueur totale de 4 820 mètres, est formée d'un fil de cuivre de 8,25 mm., suspendu dans l'axe de la voie par des isolateurs spéciaux, que maintiennent des consoles fixées à des poteaux en bois dans la campagne, en acier dans l'intérieur de la ville. Le retour se fait par les rails, qui sont réunis à leurs extrémités par du fil de cuivre, Cette installation est à voie unique, avec sept garages, non compris ceux des extrémités.

Le service est fait par 6 voitures munies chacune d'un moteur de 15 chevaux, d'un rhéostat de contrôle et de divers appareils accessoires, et éclairées par 5 lampes à incandescence de 16 bougies. Le truck présente des particularités intéressantes.

Tramways à rails conducteurs. — *Tramways de Lyon.* — Un nouveau système de traction, très ingénieux, va être incessamment mis à l'essai à Lyon, sur les quais de la rive gauche du Rhône, entre le pont Lafayette et le Parc.

Entre les deux rails ordinaires, constituant la voie, sont enterrés à fleur du sol, dans un pavage en bois

Digitized by Google

et du goudron, des coupons de rails à patin renversés, longs de 2,80 mètres, et séparés par des intervalles de 3 mètres. Ces pièces métalliques sont chargées de transmettre le courant et ne se trouvent elles-mêmes électrisées qu'au moment utile; c'est là la partie originale de cette installation. Le courant, produit par une usine située à l'entrée du Parc, est amené, par un câble unique placé dans un conduit souterrain, à des commutateurs distributeurs distants de 110 mètres. Ces appareils se composent de trois couronnes concentriques isolées, portant des bras ou manettes convenablement calés, qui se meuvent sur un clavier circulaire de 18 plots en cuivre, reliés chacun par un fil isolé avec un des 18 rails de la section correspondante de la voie.

Chaque voiture porte deux curseurs, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière. Lorsque le curseur d'arrière se trouve par exemple sur le rail n° 5 d'une section, le courant passe de la couronne centrale du distributeur par sa manette sur le plot 5, se rend par le fil correspondant à ce rail isolé et au moteur du tramway, et revient à la station par les rails de la voie.

Dès que le curseur d'avant atteint le rail n° 6, une partie du courant, dérivée par le fil 6, revient à une autre couronne et à un électro-aimant du distributeur, qui agit sur un appareil de déclenchement pour faire avancer d'un cran les couronnes et les manettes : le courant principal passe alors instantanément du groupe 5 au groupe 6, et la manœuvre continue de même jusqu'à ce que le courant passe automatiquement du dernier groupe d'un distributeur au premier groupe du suivant. Le curseur d'avant de la voiture vient toucher le rail n° 6 avant que le curseur d'arrière ait

Digitized by Google

abandonné le rail n° 5, de sorte que le courant n'est jamais interrompu.

Chaque voyage exige 250 déclenchements. La tension du courant est de 500 volts. Ce système est absolument remarquable par son originalité; mais on peut se demander si les contacts s'établiront toujours régulièrement, malgré l'humidité et la poussière.

Tramways à câble souterrain. — Il existe actuellement en Europe deux lignes de tramways à câble souterrain : la plus ancienne, du système Holroyd Smith, est installée sur la plage de Blackpool; la seconde, du système Siemens et Halske, est à Buda-Pesth et comprend un réseau beaucoup plus étendu.

Le système Holroyd Smith a été aussi adopté par la Société des études françaises et étrangères, qui a obtenu au printemps dernier la concession de la ligne Place Cadet — Porte Montmartre, à Paris. Cette installation présentera cependant des différences notables avec celle de Blackpool. Les feeders seront placés dans un grand égout situé entre les deux voies et suffisant pour la circulation des ouvriers; les conducteurs de contact seront installés sous un rail de chaque voie et abordables de l'intérieur de l'égout, ce qui permettra de les nettoyer sans obstruer la rue. Avec ce système, les rails ne transportent aucun courant et l'on évite l'aspect désagréable des conducteurs aériens. Malgré la petite augmentation de dépenses provenant de la construction de l'égout, on pense que l'exploitation sera suffisamment rémunératrice.

Voiture électrique. — La voiture ordinaire, pouvant circuler à volonté sur une route quelconque ou dans toutes les rues d'une ville, est évidemment le véhicule qui se prête le moins bien à l'emploi de

Digitized by Google

l'électricité ; devant être absolument indépendante, elle ne peut être reliée à une station centrale par aucune canalisation et doit par conséquent porter avec elle son générateur d'électricité ; on est donc à peu près obligé dans ce cas de s'adresser aux accumulateurs. C'est ce qui a été fait dans la voiture combinée récemment par M. Jeantaud. Ce véhicule qui, extérieurement, ressemble beaucoup aux voitures à pétrole, renferme une batterie de 21 accumulateurs Fulmen, système Tommasi, contenus dans 7 boîtes; chaque élément pèse 13,300 kg. Cette batterie, montée en tension, peut fournir 500 ampèreheures ; elle actionne une petite dynamo, placée sous la voiture, et qui donne 2,6 chevaux à la vitesse de 1 200 tours, avec un rendement de 74 p. 100, lorsque les bobines sont montées en série, et 4,4 chevaux à la vitesse de 1 300 tours, avec un rendement de 70 p. 100, les bobines étant placées en parallèle. Ce moteur est suspendu à la caisse de la voiture par un ressort à lames, qui adoucit les démarrages.

La transmission, du système Gaillardet, se fait sans chaînes, par l'intermédiaire d'un arbre tournant dans deux paliers fixés à l'essieu ; cet arbre porte un engrenage à chevrons monté sur joint à la Cardan, qui forme couronne sur le différentiel ; c'est cet engrenage qui est attaqué directement par le pignon du moteur. L'arbre porte en outre, à ses deux extrémités, des pignons à denture droite, qui engrènent avec deux tambours dentés intérieurement et fixés sur les moyeux des roues.

L'avant-train de la voiture est à pivot ; on ferme ou on ouvre le circuit avec le bout du pied, tandis qu'avec le talon on agit sur un frein très puissant. Le véhicule à deux places pèse, sans voyageurs, environ 1 000 kg.

Digitized by Google

CHAPITRE XVIII

TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE

Télégraphe imprimeur Higgins.

Télégraphe imprimeur Higgins. — Pour satisfaire plus rapidement leurs abonnés, les agences de nouvelles emploient depuis quelque temps des appareils télégraphiques rapides, disposés de telle sorte qu'un seul transmetteur peut actionner à la fois un très grand nombre de récepteurs. La dépêche est reçue sur une feuille de papier ayant 20 centimètres environ de largeur et présente l'aspect des copies obtenues avec les machines à écrire. Dans ces appareils comme dans celui de Hughes, le courant ne sert qu'à commander le départ du mécanisme, qui est ensuite mû par un moteur auxiliaire ; mais le synchronisme, qui est si difficile à obtenir, n'a ici aucune importance.

L'agence Dalziel emploie le télégraphe Higgins, dejà utilisé depuis un certain temps en Angleterre par l'*Exchange Telegraph C°;* l'agence Havas met à la disposition de sa clientèle le télégraphe Wright. Nous décrirons le premier de ces deux appareils.

Le transmetteur comprend un clavier à 38 touches (fig. 132) et un cylindre horizontal A, mobile autour de son axe. Le clavier porte les chiffres et les lettres

Digitized by Google

de l'alphabet, ainsi qu'un trait, un point et quelques indications supplémentaires; les chiffres 1 et 0 sont

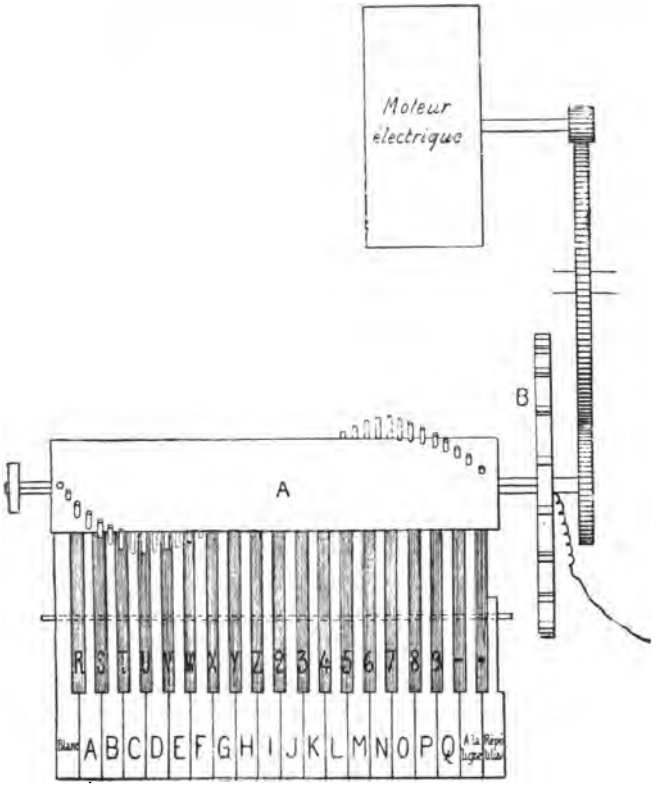

Fig. 132. — Télégraphe Higgins, clavier du transmetteur.

remplacés par les lettres I et O. L'axe du cylindre porte à son extrémité un disque de cuivre isolé B (fig. 132 et 133), muni de 19 dents, et qui est entraîné, ainsi

Digitized by Google

que le cylindre, par un petit moteur électrique. Le cylindre porte à sa surface 38 pointes, disposées sur une hélice et situées dans des plans équidistants.

Sur le cylindre B frottent deux ressorts CD, reliés

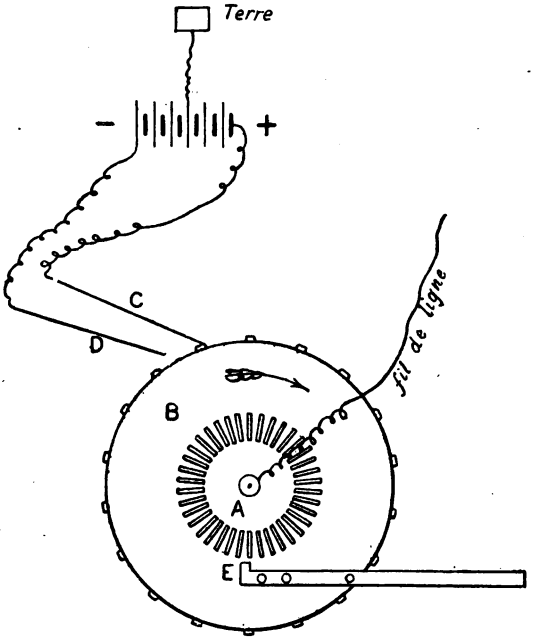

Fig. 133. — Mécanisme du transmetteur Higgins.

aux deux pôles d'une pile ou d'une batterie d'accumulateurs, dont le milieu est à la terre. L'axe du cylindre communiquant avec la ligne, lorsqu'on met l'appareil en marche, chacune des dents du disque B rencontre successivement les deux ressorts CD, ce qui produit une série de courants alternatifs.

Digitized by Google

D'un autre côté, chaque touche du clavier porte un talon E, qui se soulève lorsqu'on appuie sur l'autre extrémité et vient se placer dans le plan de rotation de la touche correspondante, qu'il arrête au moment où elle vient buter contre lui. Le mécanisme est immo-

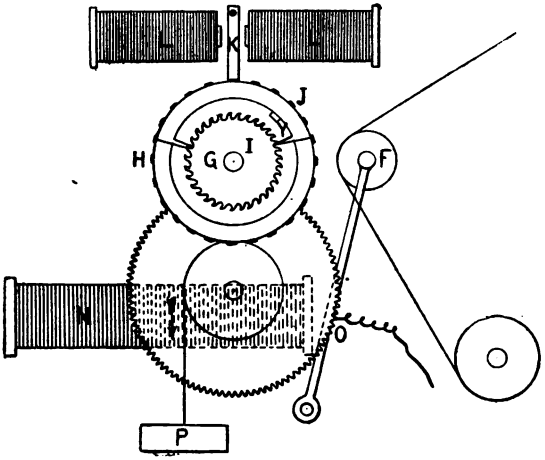

Fig. 134. — Mécanisme du récepteur Higgins.

bilisé dans une position qui est toujours la même pour une touche déterminée, mais qui varie d'une touche à l'autre. L'une des dents de B reste alors en contact avec l'un des ressorts CD, et un courant continu est lancé dans la ligne tant qu'on maintient le doigt sur la touche.

Le clavier possède en outre une trente-neuvième touche, marquée « Répétition », qui est dépourvue de talon; en l'abaissant, on ne produit aucun effet sur le mouvement du cylindre, mais on interrompt le courant de la ligne.

Digitized by Google

Enfin un cadran porte une aiguille, qui avance d'une division chaque fois qu'on appuie sur une touche, et qui revient d'elle-même au zéro quand on abaisse la touche « A la ligne »; on sait ainsi à chaque instant combien de lettres ont été imprimées sur la ligne commencée et à quel moment elle se trouve remplie.

Chaque récepteur comprend une roue des types verticale H (fig. 134) ayant sur sa circonférence des caractères en relief, qui tourne avec son axe G, de forme carrée, et qui peut coulisser sur lui. Un appareil imprimeur, mis en marche par l'arrêt du transmetteur, vient chaque fois appuyer une feuille de papier contre la lettre qui se présente à la partie inférieure de la roue H; dès que le cylindre recommence à tourner, le mécanisme se retire en arrière et fait avancer la roue H sur son axe d'un intervalle vers la droite. Si l'on appuie sur la touche « A la ligne », la roue se reporte à gauche, tout au commencement de la ligne, et le papier se déplace d'un interligne.

L'axe G est entraîné dans le même sens que le cylindre transmetteur par un moteur quelconque, par exemple un poids P agissant par l'intermédiaire d'un mouvement d'horlogerie; il porte à droite une roue à échappement I, munie de 38 dents qui correspondent aux types de la roue H; chaque fois qu'une dent de I vient à échapper, une nouvelle lettre se présente devant la partie du papier portée par le rouleau imprimeur F.

Le mouvement de l'échappement I est réglé par une ancre J, portée par une palette K, mobile autour d'un axe horizontal et servant d'armature à l'électro L, qui communique avec le fil de ligne. La palette K est polarisée par les deux aimants permanents M

Digitized by Google

(fig. 135) et peut osciller rapidement sous l'influence des courants de ligne, laissant échapper une dent à chaque inversion de ces courants. Grâce à ce dispositif,

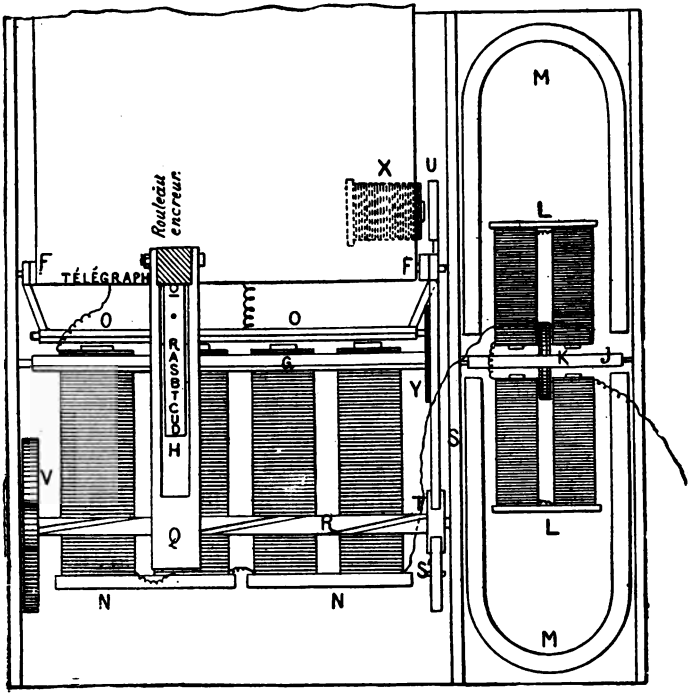

Fig. 135. — Mécanisme du récepteur Higgins.

l'axe C et le cylindre transmetteur A tournent avec la même vitesse et sont toujours dans des positions correspondantes. L'électro L n'ayant qu'un faible effort à accomplir, on est certain d'obtenir ce synchronisme avec beaucoup de sûreté. On règle généralement

Digitized by Google

l'appareil pour une vitesse de 130 tours par minute, ce qui permettrait d'imprimer environ 1 800 mots à l'heure.

Lorsqu'on appuie sur une touche du clavier transmetteur, un courant continu est lancé dans la ligne : la palette K est immobilisée ; au contraire les deux électros NN' deviennent actifs, car leur armature O, douée d'une trop grande inertie pour obéir aux courants alternatifs à courte période, se meut sous l'action du courant continu et vient appuyer le papier supporté par le rouleau F contre la roue des types (fig. 134) ; celui des caractères qui se présente se trouve ainsi reproduit.

Le mouvement de la roue H sur l'axe G est produit par le chariot Q, qui sert d'écrou à une vis R à pas allongé. Lorsque le rouleau F se retire après l'impression d'une lettre, le rochet S, qui se meut avec lui, entraîne une des dents d'une roue à rochet T, solidaire de la vis R. Le cliquet S' empêche la vis de revenir en arrière, malgré l'action d'un ressort contenu dans le barillet V et qui se bande un peu plus à chaque mouvement du mécanisme imprimeur. Grâce à cette disposition, chaque mouvement de ce mécanisme fait avancer le chariot Q et la roue H d'une quantité constante, qui correspond à l'intervalle de deux lettres. Quand on appuie sur la touche « A la ligne », le rochet S et le cliquet S' se trouvent soulevés, et le ressort contenu dans le barillet V, entraînant la vis R en sens contraire, ramène la roue H à l'extrémité gauche. Cet effet est obtenu par l'électro-aimant X, placé comme les autres sur le fil de ligne, et dont l'armature U est maintenue immobile par le disque Y, calé à droite sur l'arbre G, pour toutes les positions

Digitized by Google

sauf une. Ce disque porte en effet une échancrure placée sur la même génératrice que la dent de la roue d'échappement qui correspond à la touche « A la ligne ». Pour cette seule position, l'armature U devient libre; elle soulève SS′ et fait en même temps remonter le papier d'un interligne.

En résumé, lorsque le moteur électrique du poste transmetteur est mis en marche, le cylindre A tourne rapidement et les frotteurs CD envoient dans la ligne une série de courants alternatifs, qui font tourner les roues des types de tous les récepteurs avec un mouvement synchrone. On presse d'abord la touche « A la ligne », afin d'amener toutes les roues à l'extrémité gauche; chaque fois qu'on appuie sur une autre touche, on rend le courant continu; tous les récepteurs s'arrêtent dans une position correspondante et impriment la même lettre. La touche « Blanc » produit les mêmes effets; mais le papier rencontre une partie de la roue dépourvue de relief et qui ne donne aucune impression; on a un blanc.

Pour imprimer deux fois de suite la même lettre, on pourrait appuyer deux fois sur la même touche; mais il est plus simple de maintenir la touche baissée et d'appuyer sur la touche « Répétition » qui interrompt un instant le courant. De cette manière, la roue H n'a fait qu'avancer vers la droite sans tourner, et imprime une seconde fois la même lettre.

En pratique, on peut sans inconvénients mettre 12 à 15 récepteurs en série sur la même ligne; mais on peut augmenter beaucoup ce nombre en employant des circuits dérivés commandés par des relais polarisés sensibles.

Digitized by Google

CHAPITRE XIX

TÉLÉPHONIE

Téléphones Ader, Massin, Aubry. — Bitéléphone Mercadier. — Transmetteurs microphoniques Ader, d'Arsonval, Chateau, Mercadier et Anizan, de Lalande. — Poste microtéléphonique Bréguet. — Téléphonographie. — Théâtrophone.

La construction des appareils téléphoniques admis sur les réseaux français doit être actuellement conforme aux prescriptions de la circulaire suivante :

Notification d'une décision imposant aux constructeurs certaines améliorations de détails.

Paris, le 10 juin 1892.

Monsieur,

Sur le rapport de la Comission chargée de l'examen des appareils téléphoniques, et en vue d'assurer dans de meilleures conditions leur entretien, les prescriptions suivantes seront imposées aux constructeurs à partir du 1er janvier 1893.

1° Toutes les vis entrant dans la construction des appareils téléphoniques devront être faites avec des tarauds fabriqués avec un jeu qui sera établi par les soins du Dépôt Central, et dont un exemplaire sera remis aux constructeurs qui en feront la demande ;

2° les contacts à buter seront absolument proscrits et remplacés par des contacts à frottement ;

3° il y aura lieu de supprimer les boudins qui sortent des joues des bobines d'induction. Noyer dans ces joues des plots

Digitized by Google

métalliques sur lesquels on prendra la communication avec les circuits de la bobine ;

4° ne faire usage que de paillettes d'acier avec contacts platinés pour les ressorts de communication ;

5° le ressort antagoniste du crochet mobile devra fonctionner d'une façon normale sous des poids attachés au crochet de 200 à 600 grammes ;

6° les vis à bois seront remplacés par des vis à métaux ou par des boulons. Les têtes des boulons seront munies d'un pied et les écrous refendus pour permettre le serrage au tournevis ;

7° toutes les communications seront établies en fil de cuivre recouvert d'un isolant avec tresse de coton ou de soie et terminé par des poulies en laiton. La tresse sera rouge pour le circuit primaire, bleue pour le circuit secondaire, jaune pour le circuit d'appel et des trois couleurs pour les fils communs aux trois circuits ;

8° les bornes auront la disposition et porteront les indications figurant ci-contre :

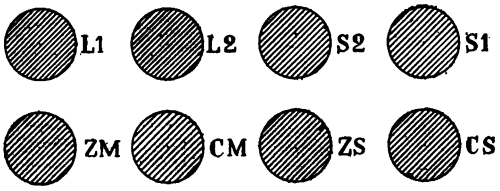

Fig. 136. — Disposition des bornes.

9° on n'emploiera, pour les joues des bobines d'induction, que du bois de buis bien sec et bien sain ;

10° les cordons souples seront attachés sur les récepteurs à des bornes extérieures ;

11° les membranes des récepteurs seront vernies ;

Enfin l'Administration, sans en faire une obligation, conseille l'adoption des dispositons suivantes :

1° fendre les têtes des boulons pour permettre le serrage au tournevis :

2° placer le crochet commutateur à gauche, ce qui permet à la personne qui se sert du téléphone d'avoir la main droite libre ;

3° ne plus faire usage, pour les bobines de récepteur, de bobines en bois qui se fendent, et employer, au contraire, des joues

Digitized by Google

métalliques soudées sur les noyaux, en veillant à ce que cette carcasse métallique soit bien isolée du fil qu'elle supporte.

J'ai l'honneur de vous prier de vouloir bien m'accuser réception de la présente communication.

Le directeur, BARON.

Le supplément au *Dictionnaire d'Électricité* contient, page 1130, le tableau des transmetteurs microphoniques admis sur les réseaux téléphoniques et les noms des constructeurs qui se sont conformés aux prescriptions de la circulaire ci-dessus.

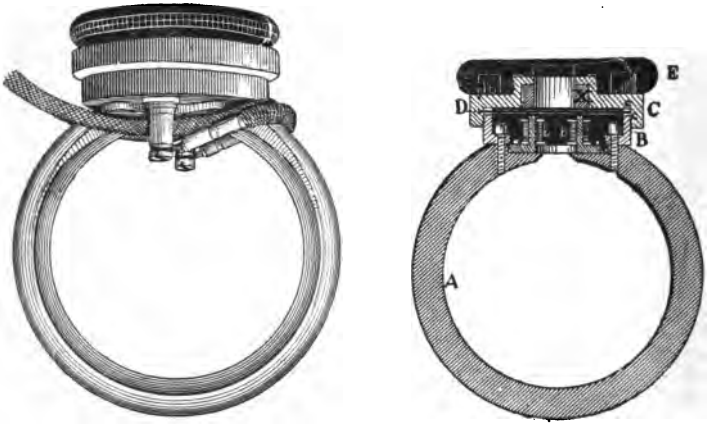

Fig. 137. — Nouveau récepteur Ader.

Téléphone Ader. — Conformément au programme indiqué ci-dessus, la plupart des récepteurs téléphoniques admis par l'État ont été modifiés et notablement améliorés. Nous ne pouvons indiquer ici qu'un petit nombre de ces modifications.

Pour le récepteur Ader, très employé sur les réseaux français, la forme seule du pavillon a été changée; un pavillon aplati et plus solide a remplacé l'ancien,

Digitized by Google

qui était plus évasé et plus mince. La figure 137 montre cette nouvelle disposition. Les organes principaux n'ont pas été modifiés.

La Société industrielle des téléphones a fait adopter,

Fig. 138. — Serre-tête à 2 récepteurs Ader.

pour le service des abonnés, deux modèles de récepteurs *serre-tête*, analogues à ceux qu'on employait déjà dans certains bureaux centraux.

L'un de ces modèles (fig. 138) comprend deux récep-

Digitized by Google

teurs Ader n° 3, à aimant plat circulaire, avec boîtier en ivoire ou en ébonite. Ces récepteurs sont assujettis, par deux boutons BB, dans les glissières de deux ressorts en aluminium RR, garnis de soie. Ces ressorts se placent sur la tête et maintiennent, par une légère pression, les récepteurs appliqués sur les oreilles; ce dispositif laisse les mains libres et permet d'écrire tout en écoutant. En desserrant un peu les boutons BB, on place les récepteurs exactement en face des conduits auditifs. Un cordon de soie à deux conducteurs, de la largeur voulue, établit les communications.

Téléphone amplificateur Massin. — M. Massin s'est proposé d'améliorer la transmission à grande distance en éliminant du circuit les organes inutiles, soit les récepteurs au poste qui transmet et le circuit secondaire de la bobine au poste qui reçoit.

Dans ce but, les récepteurs et le fil secondaire de la bobine sont, dans chaque poste, « placés en dérivation sur l'un des deux fils, et une clef spéciale, communiquant avec le second fil, ferme le circuit téléphonique soit sur les récepteurs, soit sur la bobine, mais ne permet pas à ces deux organes de se trouver simultanément en ligne.

« Les avantages théoriques de cette modification sont les suivants :

« 1° Les récepteurs ne nuisent pas à la transmission et la présence du transmetteur n'affaiblit plus la réception; 2° l'opérateur n'a plus au départ, dans le cas de longues lignes, les oreilles assourdies par les courants qu'émet son transmetteur et qui traversent ses propres récepteurs; 3° il est possible d'augmenter les courants circulant dans les circuits primaires sans avoir à craindre que les courants traversant le microphone de

Digitized by Google

l'arrivée ne provoquent, dans les récepteurs de l'arrivée, des crépitements qui troubleraient l'audition. » (*Annales télégraphiques*, 1891.)

Le téléphone construit d'après ces principes com-

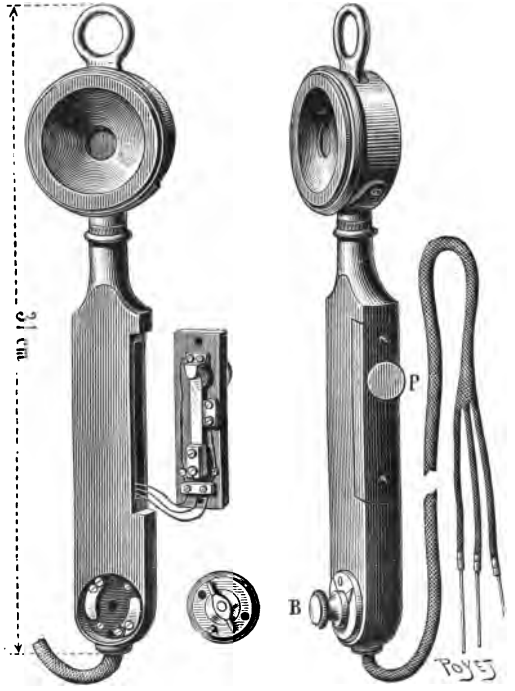

Fig. 139 — Récepteur amplificateur Massin.

prend un récepteur ordinaire, fixé à l'extrémité d'un long manche en bois (fig. 139); ce manche est creux et renferme deux interrupteurs placés à des hauteurs différentes. L'interrupteur le plus voisin du téléphone est formé d'un ressort qui se déplace entre deux

Digitized by Google

contacts et sur lequel on peut agir par l'intermédiaire d'un bouton d'ivoire; l'autre se compose de deux ressorts courbes, qu'on peut faire communiquer par une petite tige de métal en tournant un bouton moleté, qui se déplace entre deux lettres O et P.

A la partie inférieure du manche s'insère un conducteur souple renfermant trois conducteurs de couleurs différentes. Le fil jaune se rend aux bobines, puis au contact de repos du premier interrupteur, et enfin au ressort de droite du second. Le fil rouge aboutit au ressort du premier interrupteur; le vert communique d'abord avec le ressort de gauche du second interrupteur, puis avec le contact de travail du premier.

Lorsque l'index du second commutateur est devant la lettre O, l'appareil fonctionne comme un téléphone ordinaire; quand il est placé devant la lettre P, l'appareil est disposé pour la transmission à longue distance (lignes interurbaines). Dans ce cas, on saisit le manche de bois à pleine main, puis on appuie le pouce sur le bouton supérieur ou on le relève, suivant qu'on parle ou qu'on écoute.

Il est bon d'employer avec le récepteur Massin des piles très peu résistantes, comme la pile Lalande ou la pile bloc de M. Germain.

Téléphone Aubry. — Dans cet appareil, l'aimant est monté sur une membrane non magnétique, de sorte que tout l'ensemble puisse vibrer facilement et que l'on perçoive à la fois les effets téléphoniques des vibrations de l'aimant et de celles de la membrane magnétique.

Ce téléphone se compose donc d'un aimant plat, de forme annulaire, dont les pôles, diamétralement

Digitized by Google

opposés, s'épanouissent vers le centre (fig. 140), et qui est fixé à une membrane de maillechort au moyen de deux boulons en fer doux servant de noyaux à deux bobines de fil fin ; cette membrane est fortement serrée, à sa périphérie, entre le corps cylindrique de l'enveloppe et le fond évidé de la boîte métallique. La plaque de fer-blanc, disposée de l'autre côté des bobines,

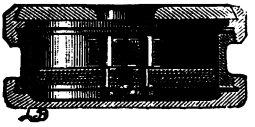

Fig. 140. — Téléphone Aubry à membrane porte-aimant.

en face des pôles, est fixée entre le corps cylindrique et le couvercle portant l'embouchure.

La résistance des deux bobines est de 200 ohms. La membrane porte-aimant est percée de deux trous, pour laisser passer les fils de communication. Dans les modèles admis sur les réseaux français, le boîtier porte un anneau de suspension, qui sert en même temps de poignée.

Bitéléphone. — M. Mercadier a donné ce nom à un récepteur téléphonique qu'il a construit, après de longues études sur le téléphone, et en particulier sur l'intensité et la qualité des effets téléphoniques. Malgré la réversibilité bien connue du téléphone, l'auteur remarque d'abord qu'il y a cependant avantage à donner une construction différente aux récepteurs et aux transmetteurs.

« En effet, bien que le téléphone soit réversible et qu'il puisse servir à volonté de récepteur ou de transmetteur, il ne faut pas oublier qu'il y a dans le mode

Digitized by Google

d'action, dans l'un et l'autre cas, une différence considérable, car l'énergie des ondes aériennes qui agissent sur le champ magnétique du transmetteur peut être regardée comme énorme par rapport à celle des ondulations électriques qui agissent sur le champ du récepteur. Si donc les deux téléphones récepteur et transmetteur sont identiques, on a là comme deux machines identiques au point de vue géométrique, magnétique et électrique, mais dont le moteur de l'une serait des millions de fois plus énergique que celui de l'autre.

« Il est évident que, dans ces conditions de fonctionnement, l'emploi de deux machines identiques est très mauvais.

« Par conséquent, la construction d'un téléphone transmetteur doit être différente de celle d'un récepteur, et l'emploi simultané de ces instruments exige nécessairement le sacrifice de la réversibilité pratique. »

D'ailleurs, M. Mercadier résume ainsi les conditions que doit remplir un récepteur téléphonique pour donner le rendement maximum :

« Dans un téléphone qui doit servir de récepteur, il est possible d'obtenir à la fois la *netteté* dans la reproduction des inflexions variées de la parole articulée et l'*intensité* nécessaire pour tous les usages du téléphone. Pour cela, il suffit : 1° de donner au diaphragme du téléphone l'épaisseur juste suffisante pour absorber toutes les lignes de force du champ de son aimant ; 2° de diminuer le diamètre jusqu'à ce que le son fondamental et les harmoniques du diaphragme encastré soient plus aigus que ceux de la voix humaine, c'est-à-dire plus aigus que l'ut_3. »

Cette étude a conduit M. Mercadier à construire un récepteur téléphonique de dimensions et de poids très

Digitized by Google

réduits, et donnant des effets comparables comme intensité et supérieurs comme netteté à ceux des appareils ordinairement employés : en particulier, les voyelles et diphtongues fermées *e*, *eu*, *i*, *u*, *ui* seraient beaucoup mieux rendues.

Le bitéléphone (fig. 141) se compose de deux télé-

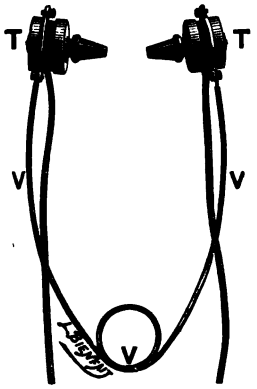

Fig. 141. — Bitéléphone Mercadier.

phones TT, à un ou deux pôles, réunis par un ressort en fil d'acier VV, de deux millimètres de diamètre, ayant la forme d'un V et entouré d'un tube de caoutchouc. On peut donner à ces téléphones plusieurs formes différentes. Chaque appareil est enfermé dans une petite boîte cylindrique en ébonite : le couvercle porte un ajutage recouvert d'un embout conique en caoutchouc, qu'on introduit dans le canal auditif. Ces embouts, qui amortissent le frottement des téléphones contre les oreilles et isolent l'opérateur des bruits extérieurs, peuvent s'enlever facilement, de sorte que

Digitized by Google

chaque personne peut en avoir une paire destinée exclusivement à son usage personnel.

Ces récepteurs n'ont que 3 à 4 centimètres de

Fig. 142. — Emploi du bitéléphone Mercadier.

diamètre et ne pèsent pas plus de 50 gr. ; l'aimant, de petite taille, supporte deux noyaux de fer doux, recouverts de bobines qui ont chacune une résistance

Digitized by Google

de 75 ohms. La membrane vibrante, en tôle, a 3 centimètres de diamètre et 0,15 millimètres d'épaisseur.

Le faible poids de ces appareils permet de les maintenir un certain temps aux oreilles (fig. 142), automatiquement, sans le secours des mains, et cela sans éprouver ni gêne ni fatigue ; il suffit de régler la pression du ressort en écartant plus ou moins les branches du V.

L'opérateur conserve ainsi l'usage de ses deux mains et reste libre d'écrire, au fur et à mesure, les messages qu'il reçoit ou qu'il transmet.

D'après l'auteur, les bitéléphones ont été essayés comme récepteurs, avec des transmetteurs microphoniques ordinaires, sur une ligne souterraine de 75 kilomètres, ainsi que sur une ligne téléphonique de 800 kilomètres, et ont donné de très bons résultats.

Nouveau transmetteur microphonique Ader. — Depuis le 1er janvier 1893, l'Administration des Téléphones a exigé, dans la construction des appareils téléphoniques admis sur les réseaux de l'État, des modifications destinées à diminuer les chances de dérangements, à perfectionner le fonctionnement, à faciliter l'entretien et à rendre uniforme le montage des postes.

La construction d'un certain nombre de transmetteurs microphoniques a donc été modifiée conformément à la circulaire que nous avons donnée plus haut.

La Société industrielle des Téléphones, qui construit les transmetteurs Ader, a simplifié en même temps le mécanisme de ces appareils.

Les communications sont établies par un levier-commutateur (fig. 143), qui peut prendre deux

Digitized by Google

positions, suivant que le récepteur est ou n'est pas à son crochet. Dans la première position, il permet d'appeler par sonnerie le poste correspondant ou de

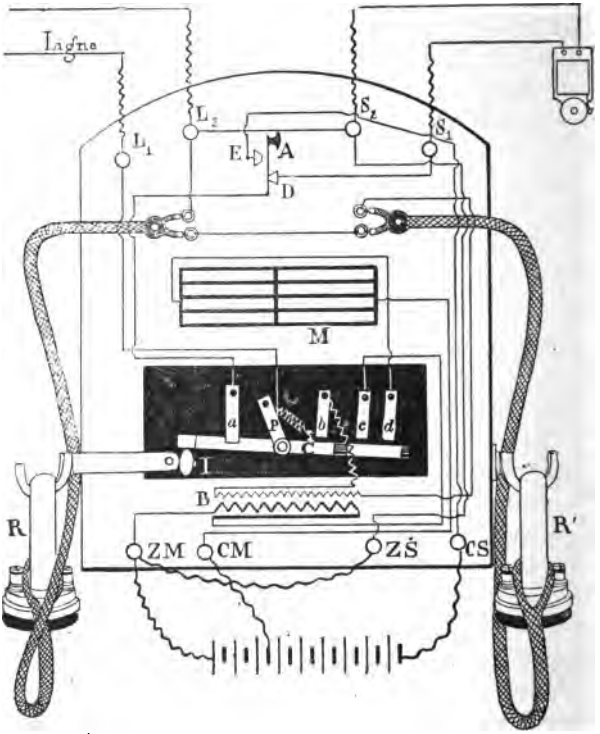

Fig. 143. — Mécanisme du nouveau transmetteur Ader.

recevoir son appel ; dans la seconde, il ferme les deux circuits, primaire et secondaire, de la bobine d'induction, ce qui permet d'engager la conversation.

Dans le premier cas, la ligne se ferme sur la son-

Digitized by Google

nerie par l'intermédiaire d'une clef d'appel A ; la disposition des circuits est alors représentée schématiquement par la figure 144 : un courant, arrivant par la ligne, traverse la clef A, le contact *b* et la sonnerie S; en appuyant sur la clef, on ferme le circuit de la pile sur la sonnerie de l'autre poste par l'intermédiaire du contact *b*.

Le levier-commutateur C (fig. 143) se compose d'une

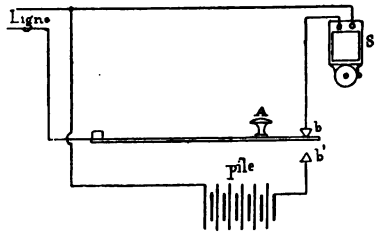

Fig. 144. — Disposition schématique des circuits pour l'appel.

barre métallique, mobile autour d'un axe horizontal et divisée en deux parties inégales par une rondelle d'ébonite qu'on voit à droite de cet axe.

Il est complètement distinct du crochet de suspension, qui est monté sur un pivot indépendant, et qui lui communique son mouvement par l'intermédiaire d'une poulie d'ivoire I, que le poids du récepteur suspendu au crochet amène au contact du levier. On évite ainsi, pour les organes très sensibles du récepteur, les effets que pourrait produire la chute de la foudre sur les fils de ligne.

La partie gauche du commutateur est la plus longue; elle est traversée par l'axe de rotation et munie à droite d'un ressort, qui la relève dès qu'on saisit le récepteur; de plus, elle est en communication permanente

Digitized by Google

avec l'un des fils de ligne PL_1. Quand le récepteur R est suspendu au crochet, comme le montre la figure,

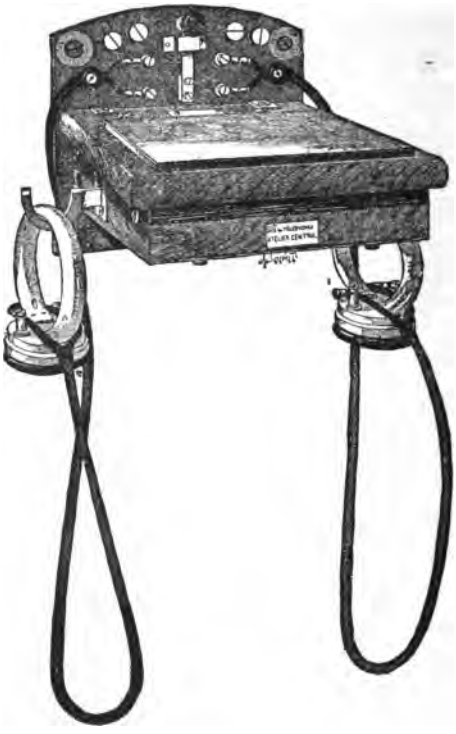

Fig. 145. — Transmetteur microphonique Ader.

la barre métallique vient toucher la paillette *a* qui communique par A, D, S_1, la sonnerie, S_2, L_2, avec l'autre fil de ligne. Les communications indiquées figure 144 se trouvent ainsi réalisées et le poste correspondant peut appeler.

Digitized by Google

Si l'on appuie sur la clef A, le circuit précédent se trouve rompu, mais on fait communiquer la pile totale avec la ligne et par suite avec la sonnerie du poste correspondant par CS, E, A, *a*, le levier, PL_1 ; le retour se fait par L_2, S_2, ZS.

Quand on décroche le récepteur R, le commutateur entraîné par le ressort, abandonne la paillette *a*, et vient toucher les paillettes *b*, *c*, *d*. Le premier contact ferme la ligne sur les récepteurs par L_1, P, C, *b*, le circuit secondaire de la bobine B, R', R, L_2. Les deux autres paillettes *cd*, qui se trouvent réunies par la plus petite portion de la barre métallique, ferment le circuit primaire par CM, le microphone M, *d*, *c*, le fil primaire de B et ZM.

La figure 145 montre l'aspect extérieur du poste mural que nous venons de décrire ; le microphone est placé sous la planchette d'un pupitre, qui renferme la bobine d'induction.

Transmetteur microphonique d'Arsonval. — Le transmetteur d'Arsonval et Paul Bert a reçu aussi divers changements ; nous allons indiquer les modèles actuels, qui sont au nombre de deux, l'un se fixant contre un mur, l'autre monté sur un pied.

Le transmetteur mural (fig. 146) se compose d'un microphone en charbon, comprenant quatre crayons cylindriques maintenus par trois prismes fixes ; les cylindres sont réunis par deux en batterie, et les deux batteries sont assemblées en série. Les bornes S^1 S^2 L^1 L^2, placées à la partie supérieure de l'enveloppe, reçoivent les deux fils de sonnerie et les deux fils de ligne, deux de ces quatre fils pouvant être remplacés par des fils de terre. Les bornes ZS, CS, ZM, CM, communiquent avec les pôles des deux fils de sonnerie et de

Digitized by Google

ligne. Les circuits primaire et secondaire de la bobine d'induction sont figurés schématiquement en PP' et SS'; ils ont des résistances de 1 et de 150 ohms.

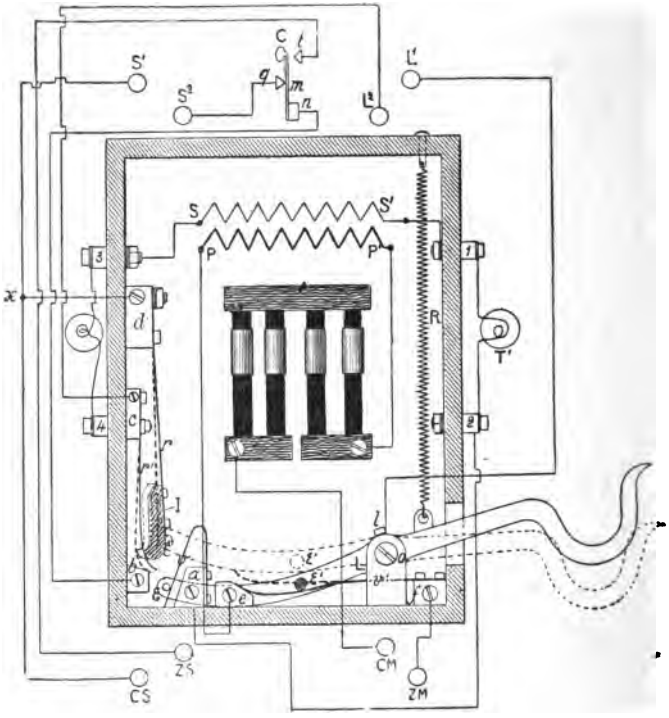

Fig. 146. — Communications du transmetteur d'Arsonval (modèle mural).

La clef d'appel C est au-dessus du transmetteur.

Lorsque l'appareil est au repos, le récepteur est suspendu au crochet-commutateur L, qui occupe la position représentée en pointillé, et vient appuyer sur

Digitized by Google

le ressort *r*. Le circuit de sonnerie est interrompu en C à chaque poste et se ferme quand on appuie sur la clef. En effet, le courant passe alors par la borne CS, *x*, le plot *d*, le ressort *r*, le levier L (position pointillée), le fil *l*, la borne L^1 et la ligne. Arrivé à l'autre poste, il suit le chemin L^1, *l*, L, *r*, *d*, *x*, S^1, sonnerie, S^2, *q*, *m*, *n*, *b*, *r'*, *c*, 4, L^2 et revient au poste de départ par le second fil de ligne ou par la terre. Il retourne enfin à la pile par L^2, *c*, *r'*, *b*, *n*, *m*, *t*, ZS ; mais il faut pour cela qu'on appuie à ce poste sur la clef C, comme nous l'avons supposé.

Lorsqu'on décroche les téléphones, le levier L obéit au ressort de rappel R et tourne autour de l'axe *o* ; l'extrémité gauche s'abaisse, abandonne le ressort *r* ; la goupille ε, fixée à cette extrémité, vient presser le ressort *v*, porté par le plot *a*, et la goupille d'ébonite ε' rencontre le ressort *v'*, porté par le plot *f*, et l'appuie contre le plot *e*. Le ressort *r* se relève et le ressort *r'* cesse d'appuyer sur le plot *b*, n'étant plus pressé par la pièce isolante I.

Les communications établies, examinons le circuit parcouru par les courants téléphoniques. Au poste transmetteur, le courant de la pile microphonique part de la borne CM, traverse le microphone, le fil primaire P'P, et revient par le plot *e*, le ressort *v'*, isolé de L par la goupille ε', le plot *f* et la borne ZM.

Les courants induits qui prennent naissance dans le fil secondaire SS' sortent par exemple par S', passent par la borne 1, le téléphone T', la borne 2, le plot *a*, le ressort *v*, la goupille ε, le levier L, le fil *l*, la borne L^1 et s'engagent dans la ligne. Au poste d'arrivée, ils suivent le chemin inverse L^1, *l*, L, ε, *v*, *a*, 2, T', 1, S'S, 3, T, 4, *c*, L^2 et reviennent par le second fil ou par

Digitized by Google

la terre au poste de départ, où ils prennent la direction L^2, *c*, 4, T, 3, et rentrent par S dans la bobine secondaire.

Transmetteur Mercadier et Anizan. — Le microphone de MM. Mercadier et Anizan se compose de 8 charbons, inclinés d'environ 15° sur la membrane verticale. Ces charbons sont cylindriques vers leurs bases, qui pénètrent dans des douilles métalliques, et taillés en pyramide à leurs sommets, qui s'engagent librement dans des trous cylindro-coniques, pratiqués dans un double prisme de charbon B. Ils sont réunis par quatre en quantité, et les deux groupes ainsi formés sont reliés en série. En tirant un bouton qui agit sur un fil de soie passant autour de tous les charbons, on communique à ceux-ci un mouvement de rotation autour de leur axe, qui chasse les poussières pouvant altérer les contacts et empêche un calage, d'ailleurs peu à craindre.

Le levier-commutateur (fig. 148) est mobile autour de l'axe A et commandé par un ressort antagoniste *i*. Il se termine à droite par une pièce d'ébonite E, portant une goupille métallique *g'*, qui peut fermer le circuit primaire en réunissant les ressorts r^3 r^4. La goupille *g*, placée à l'autre extrémité, peut toucher l'un des ressorts r^1 r^2; dans le premier cas, elle met l'appareil sur sonnerie; dans le second, elle ferme le circuit secondaire.

Lorsque le téléphone est suspendu au crochet, le circuit d'appel est fermé par L^1, *k*, *g*, r^1, *d*, *e*, S^1, sonnerie, S^2, L^2. Si l'on appuie sur le bouton D, placé à la partie inférieure, entre les bornes des deux piles, le courant de la pile de sonnerie est envoyé à l'autre poste par CS, *f*, *d*, r^1, *g*, *k*, L^1 et revient par L^2, S^2, ZS.

Digitized by Google

Le téléphone étant décroché, le circuit primaire se ferme par CM, p, v, P, M, P', v', p', u, r^3, g', r^4, ZM. Une déri-

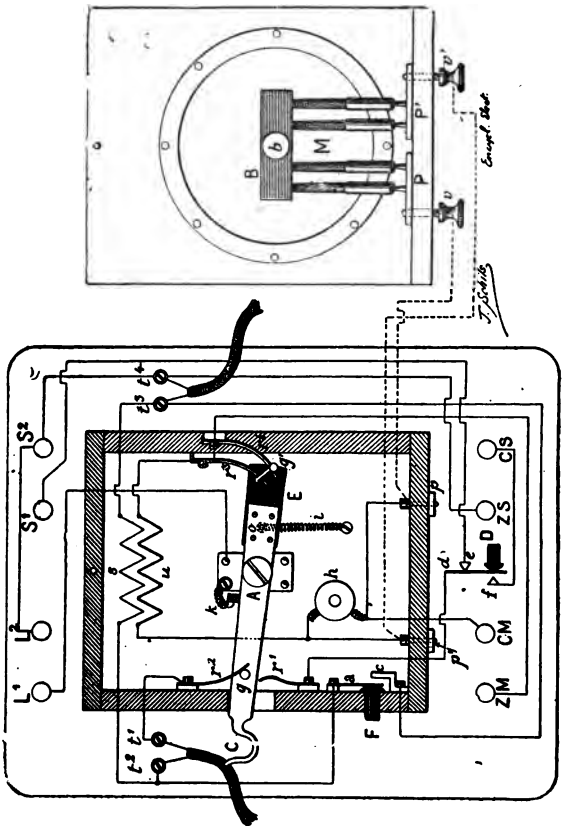

Fig. 148. — Communications du transmetteur Mercadier et Anizan.

vation du même courant passe en même temps dans la bobine h, d'une résistance de 100 ohms ; ce shuntage permanent donne une netteté remarquable à la

Digitized by Google

reproduction de la parole et remédie aux crachements pouvant provenir de la grande sensibilité qu'on est obligé de donner au microphone, pour les communications à grande distance.

En même temps, le circuit secondaire se ferme par

Fig. 149. — Poste à pied Mercadier et Anizan.

L^1, k, g, r^2, t^1, t^2, s, t^3, t^4, S^2, L^2. C'est la disposition pour les petites distances. Lorsqu'on veut correspondre à une distance plus grande, par exemple sur une longue ligne interurbaine, on appuie sur le bouton F, placé à gauche de l'appareil ; on supprime ainsi le fil secondaire de la bobine et on diminue la résistance, ce qui augmente la netteté de l'audition. Le circuit

Digitized by Google

se ferme alors, entre t^2 et t^3, par le contact *ac*, la bobine *s* étant mise en court circuit. Quand on parle, on cesse d'appuyer sur F.

Le transmetteur Mercadier et Anizan permet donc, par la simple manœuvre du bouton F, de communiquer à volonté à courte ou à longue distance. La figure 149 montre le modèle à pied, dont les communications ne diffèrent pas sensiblement de celles du précédent; il porte à droite un récepteur des mêmes inventeurs, à gauche un bitéléphone Mercadier.

Transmetteur microphonique de Lalande. — Afin d'éviter les vibrations parasites dues à l'élasticité de la membrane et à la mobilité des contacts, M. de Lalande a eu l'idée d'appliquer aux charbons des microphones le système employé dans les instruments de physique pour amortir les oscillations, et qui consiste à faire plonger dans un liquide les parties vibrantes ou des pièces qui leur sont reliées d'une manière fixe. Dans ce but, les charbons du nouveau microphone de Lalande sont munis de pièces d'ébonite plongeant dans un bain de mercure en contact également avec la plaque vibrante : le mercure amortit les vibrations parasites de la membrane et des charbons. La poussée de ce liquide sur les pièces d'ébonite sert en même temps à régler à volonté la pression entre les contacts, de façon à obtenir la plus grande sensibilité en même temps qu'une netteté parfaite.

L'appareil se compose essentiellement d'une plaque vibrante circulaire en sapin AB (fig. 150), portant un certain nombre de charbons de section carrée C,C, C,C, mobiles autour d'une tige de nickel DE, fixée à un support en fer FG. Les extrémités supérieures H,H,H,H, de ces charbons entrent librement dans

Digitized by Google

des trous percés dans des blocs de charbon KL, fixés également sur la membrane. Les charbons portent les pièces d'ébonite M,M,M,M, plongeant dans du mercure. La plaque vibrante est maintenue, par un anneau métallique NO et des vis, sur le devant

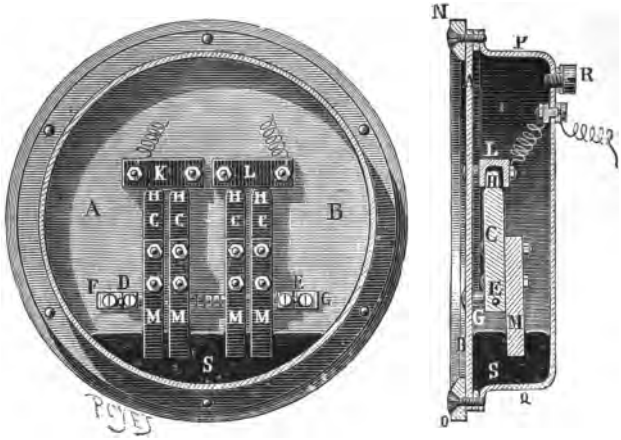

Fig. 150. — Coupe du microphone de Lalande.

d'une boîte en tôle de fer emboutie PQ, qu'elle ferme hermétiquement. Pour régler l'appareil, on verse peu à peu par l'ouverture R, fermée normalement par une vis, une certaine quantité de mercure S à l'intérieur de cette boîte; le liquide, soulevant l'extrémité des pièces d'ébonite M,M....., fait pivoter les charbons autour de l'axe DE et appuyer leur partie supérieure H contre la partie antérieure des trous où elle est logée. On arrête l'addition de mercure lorsque la parole est transmise avec toute ses qualités. Comme on le voit, le courant primaire parcourt les charbons

Digitized by Google

réunis par deux en série; les fils conducteurs traversent la boîte de fer à travers des isolateurs d'ébonite TT.

Le reste du dispositif est analogue à celui d'un microphone ordinaire. Ce nouveau microphone, dont la figure 151 montre la vue en perspective, possède

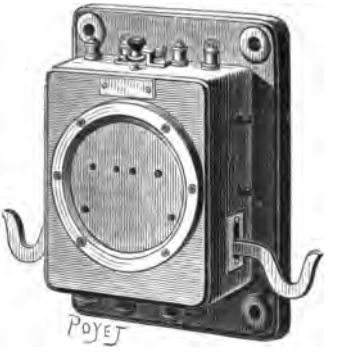

Fig. 151. — Transmetteur microphonique de Lalande.

une puissance et une netteté remarquables et ne donne pas de résonances sur les circuits les plus étendus; il n'est pas exposé à se dérégler.

Poste microtéléphonique Bréguet. — Ce poste (fig. 152) comprend d'abord un transmetteur en forme de pupitre. Derrière la planchette inclinée en sapin sont boulonnés les charbons, au nombre de quatre. Ce sont des charbons cylindriques, réunis par deux en quantité et mobiles entre trois blocs prismatiques.

Les récepteurs se composent d'un aimant rectiligne, nickelé sur toute sa surface, et formant une sorte de manche par lequel on saisit l'instrument. A l'une des extrémités se trouve un anneau qui sert à suspendre le téléphone au crochet du transmetteur; à l'autre est

Digitized by Google

vissé perpendiculairement un noyau cylindrique de fer doux, autour duquel s'enroule une bobine ayant

Fig. 152. — Poste microtéléphonique Bréguet.

une résistance de 320 ohms. De l'autre côté de ce noyau se trouve la membrane vibrante, en tôle étamée, de 6 centimètres de diamètre. Cette membrane est

Digitized by Google

maintenue par une boîte d'ébonite, qui enveloppe également la bobine.

Ce poste renferme une bobine d'induction, dont le circuit primaire a une résistance de 1,50 ohm et le fil secondaire de 150 ohms.

Le même dispositif est appliqué à un poste portatif, monté sur un socle cylindrique.

Théâtrophone. — On sait que les premiers essais d'auditions théâtrales par téléphone eurent lieu à Paris, en 1881, à l'Exposition d'électricité.

Des expériences analogues ont été répétées à Berlin, à Bordeaux et à Oldham, près de Manchester, en 1881, à Charleroi en 1884. La même année, le chalet royal d'Ostende, puis le château de Laëken, furent reliés par un téléphone au théâtre de la Monnaie, à Bruxelles. Des auditions théâtrales eurent également lieu aux expositions de Munich, de Vienne, à l'Exposition universelle de 1889, et plus récemment à celle de Francfort.

En 1888, des essais d'auditions théâtrales à longue distance eurent lieu entre Paris et Bruxelles.

En Amérique, les auditions par téléphone sont déjà, d'après *The Electrical Engineer*, entrées dans la pratique depuis plusieurs années, et cette nouvelle branche de la téléphonie est exploitée par une société spéciale, la *Long distance Company*.

On se sert de transmetteurs presque aussi nombreux que les instruments et placés devant chaque musicien : ainsi, pour un quintette, on en emploie quatre. Ces appareils sont munis de pavillons plus ou moins grands, suivant les sons qu'ils doivent transmettre ; ils sont placés en dérivation sur une batterie d'accumulateurs, chacun d'eux ayant dans son circuit le fil pri-

Digitized by Google

maire d'une bobine d'induction spéciale. Les circuits secondaires de ces bobines sont montés en tension entre eux et avec la ligne, de sorte que les forces électromotrices d'induction développées dans chaque bobine s'ajoutent à chaque instant.

A l'arrivée, on se sert de récepteurs spéciaux qui sont des *loud-speaking Telephones* d'Edison, et qui sont disséminés en divers points de la salle, en nombre variable suivant son étendue. On a pu ainsi, avec quatre transmetteurs et six récepteurs en tension, munis de porte-voix bien proportionnés, transmettre des quintettes à 250 milles, de New-York à Newton, dans le Massachusetts, et les faire entendre à plus de 1000 personnes à la fois. Dans d'autres cas, la distance a pu être portée à 460 milles (736 kilomètres).

But du théâtrophone. — Les expériences du palais de l'Industrie, et celles qui ont été faites depuis dans diverses contrées, ont parfaitement mis en évidence la possibilité d'entendre, sans quitter son fauteuil, une représentation théâtrale quelconque, non seulement dans la même ville, mais aussi à une grande distance. On possédait, dès 1881, des appareils assez perfectionnés pour cet usage, et la question ne présentait évidemment aucune difficulté théorique ; mais, en revanche, il y avait de nombreuses complications pratiques : il fallait s'entendre avec les directeurs de théâtres pour la pose des récepteurs, relier ceux-ci, par des lignes particulières, à un bureau central installé exprès, et établir ensuite les communications avec les abonnés. Tout cela explique pourquoi il a fallu dix ans avant d'arriver à une solution.

La Compagnie du Théâtrophone a été créée spécialement pour les auditions théâtrales. Moyennant un

Digitized by Google

abonnement supplémentaire, fixé actuellement à 180 fr. par an, les abonnés au réseau téléphonique de Paris et de la banlieue peuvent entendre à domicile les représentations des divers théâtres de Paris, au moyen de leurs appareils téléphoniques ordinaires. Mais la Société perçoit, en outre, un droit de 15 francs pour chaque soirée d'audition, quel que soit le nombre des auditeurs ; ceux-ci peuvent, d'ailleurs, pendant le courant de la soirée, changer de théâtre aussi souvent qu'ils le désirent, ou rester en relation avec la même scène. Ces auditions ne peuvent avoir lieu que d'après une demande, qui peut, du reste, être faite d'avance ou dans le cours même de la soirée.

Cette Société a également organisé des auditions dans un certain nombre d'établissements publics, hôtels, cafés, restaurants, cercles. Ces établissements sont réunis par petits groupes, au moyen d'un réseau particulier, avec le poste central, situé au siège de la Société, et qui communique lui-même avec les divers théâtres ; ils reçoivent, pour le fonctionnement et le contrôle de cette audition, des appareils spéciaux que nous décrirons plus loin. Dans ces établissements, les appareils sont prêts à fonctionner tous les soirs, sans qu'il soit nécessaire de faire une demande.

Appareils employés dans les théâtres. — La Compagnie du Théâtrophone possède, à proximité, de la scène, dans tous les théâtres avec lesquels elle a un traité, un local contenant les piles, les commutateurs et les bobines d'induction. Les piles sont des éléments de Leclanché ou de Lalande et Chaperon, au nombre de 6 ou 8. Les transmetteurs microphoniques sont placés sur la scène, soit devant, soit derrière la rampe ; ils sont reliés aux piles et aux fils primaires des bobines

Digitized by Google

d'induction. Les fils secondaires de ces bobines sont reliés au bureau central par des lignes, dont le nombre varie avec l'importance du théâtre et le nombre probable des demandes d'audition, et qui aboutissent à la rosace décrite plus loin.

Installation du poste central. — Le poste central est situé rue Louis-le-Grand, dans le sous-sol : il a pour parties essentielles une rosace et un tableau de distri-

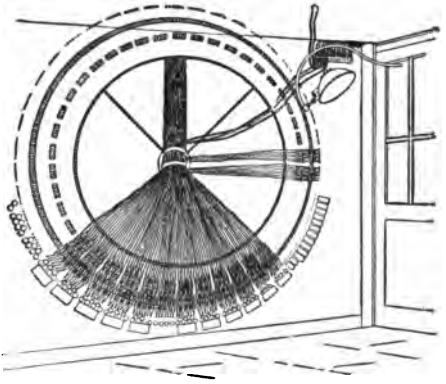

Fig. 153. — Rosace des lignes du théâtrophone.

bution. La rosace (fig. 153) comprend : 1° les lignes qui relient le poste central aux différents théâtres ; 2° les lignes spécialement affectées au service du théâtrophone, c'est-à-dire destinées à mettre en communication le bureau central avec les établissements où ont lieu les auditions quotidiennes ; 3° les lignes nombreuses qui vont du poste au bureau de l'avenue de l'Opéra, pour établir les communications avec les abonnés particuliers du théâtrophone ; 4° enfin la *ligne de ville*, qui réunit le poste au bureau central de

Digitized by Google

l'avenue de l'Opéra pour les communications de service.

Ces différentes lignes se continuent ensuite par des fils paraffinés jusqu'à un tableau de distribution (fig. 154), comprenant des annonciateurs et des conjoncteurs analogues à ceux des bureaux centraux or-

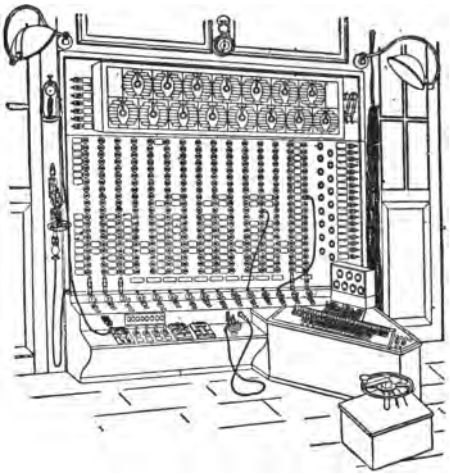

Fig. 154. — Tableau de distribution des lignes du théâtrophone.

dinaires, et qui est complété par un commutateur à manivelle, communiquant avec des télégraphes répétiteurs à aiguille en nombre égal à celui des lignes de théâtrophones.

Le courant qui fait mouvoir ces répétiteurs, ainsi que les indicateurs à aiguille placés dans tous les établissements abonnés au théâtrophone, est fourni par la canalisation générale du quartier et sert en outre à alimenter les lampes à incandescence qui éclairent le

Digitized by Google

bureau ; aussi la face postérieure du tableau porte des coupe-circuit pour obvier aux accidents.

Une seule téléphoniste suffit à desservir le bureau ; elle fait communiquer avec les théâtres les abonnés particuliers qui ont demandé une audition, contrôle à distance le service chez ces abonnés et dans les établissements publics, et enfin change périodiquement le programme d'audition de ces derniers en les reliant successivement aux divers théâtres.

Auditions particulières. — Pour les abonnés particuliers, le service des auditions à domicile se fait par l'intermédiaire du bureau de l'avenue de l'Opéra et de la ligne de l'Administration des téléphones qui va chez cet abonné; il suffit donc que le poste de la rue Louis-le-Grand soit relié, comme nous l'avons vu, avec l'avenue de l'Opéra par un nombre suffisant de conducteurs. L'abonné est mis en communication, par le poste de cette avenue, avec la Compagnie du Théâtrophone, et celle-ci à son tour le relie au théâtre dont il désire entendre la représentation. Lorsqu'un abonné du réseau téléphonique est ainsi relié au théâtrophone, il ne peut plus communiquer directement avec un autre abonné, car les annonciateurs des différents postes centraux restent en dehors du circuit, mais il peut toujours communiquer avec le bureau de la rue Louis-le-Grand, où un relais Ader, très sensible, permet d'entendre ses appels.

Ce bureau peut donc lui donner telle communication qui lui convient, par exemple lui permettre de causer, pendant l'entr'acte, avec un ami relié à un autre théâtre. Si la téléphoniste du théâtrophone a besoin, pour cela, de se mettre en relation avec le bureau de l'avenue de l'Opéra, elle l'appelle par l'in-

Digitized by Google

termédiaire de la ligne de ville, destinée à cet usage.

Auditions quotidiennes dans les établissements publics. — Pour les établissements publics qui veulent avoir des auditions quotidiennes, le dispositif est plus compliqué : ils possèdent des appareils portatifs, à perception automatique, appelés *théâtrophones*, qui peuvent être installés en nombre quelconque dans les différentes salles et reliés à des prises de courant. Chacun de ces appareils peut être mis en circuit au moyen d'une fiche qui pénètre dans une mâchoire fixée à la muraille et munie de contacts métalliques, et qui est reliée avec lui par un cordon souple. Il porte deux récepteurs téléphoniques, qu'on fait communiquer automatiquement avec la ligne, en introduisant une pièce de monnaie dans l'une des deux fentes ménagées à cet effet à la partie supérieure du théâtrophone. Au bout de cinq ou dix minutes, suivant la valeur de la pièce de monnaie, un nouveau déclenchement la fait tomber au fond de la boîte et interrompt l'audition. Un cadran, placé sur la face antérieure, indique le nombre de minutes écoulé, et prévient l'auditeur du moment où la communication va être coupée ; si celui-ci désire prolonger la séance, il n'a qu'à introduire dans la fente une nouvelle pièce de monnaie, avant que l'aiguille indique la fin de la première période. L'appareil fait également connaître le théâtre avec lequel il est actuellement en communication.

Mécanisme des théâtrophones. — Le mécanisme qui actionne les théâtrophones est très ingénieux, mais très compliqué : nous en indiquerons seulement le principe. La pièce de monnaie introduite dans l'une des fentes suit un plan incliné, qui la conduit sur une

Digitized by Google

petite plate-forme mobile autour d'un levier, et qu'elle fait basculer par son poids. Ce mouvement de bascule fait mouvoir une ancre, qui déclenche pour cinq ou dix minutes, suivant le chemin suivi par la pièce, un mécanisme d'horlogerie entraînant l'aiguille qui fait connaître à l'auditeur le nombre de minutes écoulé. En même temps, un petit cylindre réunit deux ressorts et ferme le circuit du téléphone. La pièce de monnaie tombe ensuite au fond de l'appareil, et la plate-forme se relève, prête à en recevoir une autre.

Dans les premiers temps, on parvenait à obtenir des auditions en fraude : ainsi, en secouant l'appareil, on faisait basculer la plate-forme et déclencher le mécanisme d'horlogerie. Pour éviter cet inconvénient, on a ajouté de petits contrepoids, qui viennent caler le volant du mécanisme ou couper le circuit, dès que l'appareil n'est plus horizontal. Les pièces trop petites ou les objets analogues introduits dans les fentes tombent au fond de l'appareil avant d'arriver au plan incliné. Enfin, lorsque le théâtrophone n'est pas prêt à fonctionner, la pièce, au moyen d'une petite trappe placée sur le plan incliné, tombe dans un tube qui la ramène au dehors.

Outre les théâtrophones, chaque établissement public possède un récepteur à cadran, semblable à ceux qui se trouvent sur le tableau de distribution, et qui doit être placé bien en évidence. Cet appareil indique, par la position de son aiguille, le nom du théâtre qui se trouve relié avec le théâtrophone de cet établissement. Le client sait donc toujours quel genre de spectacle il va entendre, et, comme les communications sont fréquemment changées dans le cours

Digitized by Google

d'une même soirée, il peut attendre que l'aiguille indique le spectacle de son choix.

Le mécanisme de ces récepteurs est très simple et très ingénieux. L'électro-aimant E (fig. 155), qui a une résistance de 600 ohms, est muni de pièces polai-

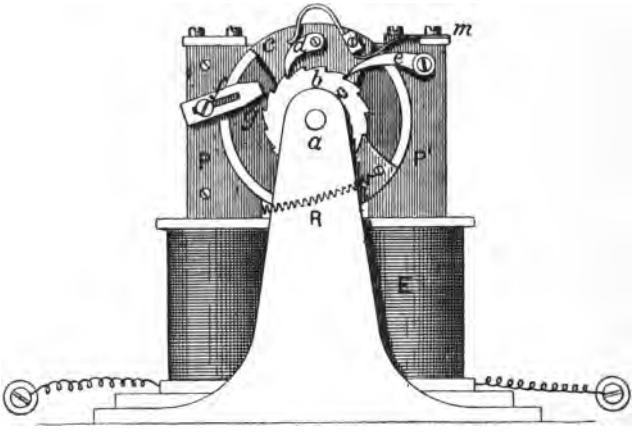

Fig. 155. — Mécanisme du cadran indicateur.

res PP', largement épanouies et évidées en forme de cercle. Dans cette cavité tourne librement autour du centre, et avec très peu de jeu, une armature de fer doux *c*, folle sur son axe *a*, et qui a la forme d'un double secteur. Lorsque le courant ne passe pas, cette armature est maintenue appuyée contre la butée *m*, ainsi que le montre la figure, par l'action du ressort R. Quand l'électro devient actif, l'armature tourne en sens contraire des aiguilles d'une montre, entraînant avec elle, par l'intermédiaire du cliquet *d*, la roue dentée *b*, également folle sur son axe, et l'aiguille, non dessineé, qui est fixée à cette roue. L'amplitude de ce

Digitized by Google

mouvement est réglée par la position de la butée *f*, qui arrête l'armature par le coincement du cliquet *d*. Dès que le courant est interrompu, l'armature est ramenée à sa position par le ressort R, mais le cliquet *e* empêche la roue *b* de revenir en arrière. A chaque émission de courant, l'aiguille fixée à cette roue avance d'un tour sur le cadran. Tous les récepteurs fonctionnent en dérivation avec une tension de 100 volts.

Le manipulateur de ce petit télégraphe se voit à droite de la figure 154 ; il se compose d'un tambour en bois, dont la surface latérale est garnie de cuivre sur deux quarts de cercle diamétralement opposés. Quand le volant à manivelle qui commande ce tambour fait un tour entier, deux balais parallèles se trouvent deux fois en contact avec les lames de cuivre et produisent deux émissions de courant. Quelle que soit la rapidité de la manipulation, on est certain que les périodes d'ouverture et de fermeture du circuit se succèdent régulièrement et à intervalles égaux.

Disposition pour les entr'actes. — Dans les établissements publics, il peut arriver que les cinq ou dix minutes d'audition, auxquelles a droit toute personne qui a mis une pièce de monnaie dans l'appareil, coïncident plus ou moins complètement avec les entr'actes des théâtres que la Société peut faire entendre. Pour éviter cet inconvénient, lorsqu'il arrive par hasard qu'il y a entr'acte simultanément dans tous les théâtres du réseau, la Société fait entendre un pianiste et un chanteur qu'elle a constamment à sa disposition dans ce but, aux heures des représentations. Pendant ce temps, toutes les lignes du théâtrophone sont reliées à la salle où se trouvent ces deux artistes, et toutes les aiguilles des cadrans indicateurs

Digitized by Google

sont sur le mot *entr'acte*, le public est donc prévenu.

Appareils accessoires du bureau central. — Nous avons dit que le tableau de distribution porte des répétiteurs à aiguille, qui reproduisent les indications des cadrans indicateurs placés dans les divers établissements publics du réseau. La téléphoniste n'a donc qu'à jeter un coup d'œil sur ces répétiteurs pour savoir quels sont les théâtres qui communiquent avec ces divers établissements: elle peut en outre contrôler le fonctionnement des Théâtrophones en plaçant son appareil d'opérateur, du type Berthon-Ader, non pas directement dans le circuit, ce qui augmenterait sa résistance, mais à proximité, au moyen d'un levier à touche; elle obtient par induction un son faible, mais très net, qui suffit pour le contrôle.

Enfin le bureau central possède encore un dispositif qui permet, à chaque instant, de mesurer la résistance de la ligne d'un abonné qui écoute, assez vite pour qu'il ne puisse même pas s'en apercevoir. L'employé chargé de ces mesures possède un tableau qui indique la résistance normale de la ligne de chacun des abonnés, lorsqu'il est relié à l'un quelconque des théâtres : il suffit donc de vérifier si la ligne possède cette résistance pour s'assurer si elle est en bon état. On se sert pour cela d'un pont de Wheatstone avec galvanomètre à miroir et échelle, non figurés, et d'une série de commutateurs à double fil à deux directions A_1, A_2, A_3..., B, C, D (fig. 156).

Si, par exemple, l'employé veut vérifier l'état de la ligne de l'abonné qui écoute sur la ligne n° 2, il commence par régler la résistance variable du pont, de manière à obtenir l'équilibre pour la résistance normale que doit présenter la ligne considérée. Il place

Digitized by Google

alors le commutateur A_2 sur l'indication « Ouvert » ; puis, fixant les yeux sur l'échelle du galvanomètre, il établit la communication avec le pont pendant un instant très court au moyen du commutateur D. Si la ligne est en bon état, l'image lumineuse ne bouge pas.

Le commutateur C sert seulement à intercaler sur la

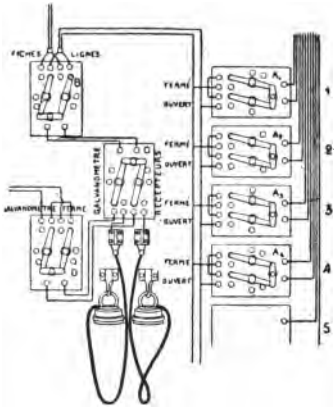

Fig. 156. — Diagramme des communications servant à mesurer les résistance des lignes d'abonnés.

ligne de l'abonné une paire de récepteurs ; B permet de relier le pont de Wheatstone avec un cordon souple à deux brins, terminé par une fiche, qui sert à rattacher au pont l'un quelconque des câbles aboutissant au tableau, afin d'effectuer aisément toutes les mesures locales de résistance dont on peut avoir besoin.

Théâtrophone de Bordeaux. — Le théâtrophone a été installé à Bordeaux. Les fils provenant des divers théâtres de la ville se rendent au bureau central,

Digitized by Google

situé rue de la Devise, et se distribuent ensuite chez les abonnés du téléphone, ainsi qu'aux salles d'audition, rue Sainte-Catherine. Pour augmenter l'attraction, on a adjoint à ces salles un hall où se tiendra, dit-on, une foire aux plaisirs.

Digitized by Google

CHAPITRE XX

LES RAYONS RŒNTGEN ; LA PHOTOGRAPHIE A TRAVERS LES CORPS OPAQUES.

Nous souhaitions, en terminant notre préface, que de nouvelles inventions vinssent bientôt agrandir le domaine de la science électrique; avant que notre livre fût achevé d'imprimer, une découverte inattendue s'est produite, qui remplit notre souhait et ouvre un nouveau champ à l'activité intellectuelle de l'homme.

On sait que, en faisant passer la décharge d'une bobine de Ruhmkorff dans des tubes où l'on avait fait un vide beaucoup plus complet (environ un millionième d'atmosphère) que dans les tubes de Geissler, M. Crookes a constaté que le résidu gazeux possède des propriétés tout à fait spéciales (1). Il a attribué ces propriétés à l'extrême raréfaction, qui permettrait aux molécules gazeuses de parcourir toute la longueur du tube sans se heurter assez souvent pour maintenir en tous les points l'égalité de pression. Sous l'influence de la décharge, ces molécules s'orienteraient à partir de l'électrode négative et viendraient frapper la paroi opposée, dont la fluorescence s'expliquerait par

(1) Voy. DICTIONNAIRE D'ÉLECTRICITÉ, art. *Matière radiante*, page 516.

Digitized by Google

ces chocs répétés ; d'où le nom de *rayons cathodiques*. Une des propriétés les plus remarquables de ces rayons, c'est d'être déviés par un aimant.

En 1893, M. Lenard a montré que les rayons cathodiques, s'ils ne se produisent que dans le milieu radiant, peuvent cependant se propager en dehors de ce milieu ; si l'on ferme en effet la partie du tube opposée à l'électrode négative par une plaque très mince d'aluminium, ces rayons la traversent et peuvent se propager ensuite, soit dans le vide, soit dans l'atmosphère.

C'est en étudiant les rayons cathodiques que M. Röntgen, de Wurtzbourg, a réalisé les belles expériences qui, depuis quelque temps, occupent l'attention du monde savant. Ayant placé, dans une chambre obscure, un papier recouvert de platino-cyanure de baryum auprès d'un tube de Crookes bien enveloppé de papier noir, il vit ce papier devenir fluorescent. L'action se fait sentir jusqu'à une distance de deux mètres; elle est la même, quelle que soit la face du papier qui est tournée vers le tube. On voit donc que, si les rayons cathodiques ne peuvent traverser le tube de verre, la paroi de ce tube donne naissance à d'autres rayons invisibles, mais dont l'existence se trouve révélée par l'expérience qui précède. Ces rayons, auxquels l'auteur avait donné le nom de rayons X, sont appelés universellement *rayons Röntgen*.

Tous les corps, de même que le papier ou le carton noirci, se laissent traverser par ces rayons, mais dans des proportions variables. Un écran fluorescent s'illumine encore, malgré l'interposition de deux jeux de cartes, d'un livre imprimé de 1 000 pages, de plusieurs lames d'étain superposées ou d'une planche de sapin

Digitized by Google

Fig. 157. — Photographie cathodique d'une main dont l'un des doi
allemand et communiquée

Digitized by Google

ts porte une bague (Photogravée sans retouche aucune sur l'original
r la Société d'encouragement).

Digitized by Google

de 2 à 3 centimètres d'épaisseur. Des plaques d'aluminium de 15 millimètres d'épaisseur diminuent beaucoup la fluorescence, mais ne la détruisent pas complètement. Le verre agit de même; toutefois, celui qui contient du plomb est plus opaque. Une lame d'ébonite de plusieurs centimètres est encore transparente. L'eau et divers fluides sont très transparents.

En général, la densité est le caractère qui influe le plus sur la transparence pour les rayons Röntgen; un accroissement d'épaisseur la diminue. Cependant il est impossible de déduire la transparence d'un corps du produit de son épaisseur par sa densité ; la diminution de ce produit est beaucoup plus lente que l'accroissement de la transparence.

Le platino-cyanure de baryum n'est pas le seul corps qui permette de manifester la présence des rayons Röntgen : on peut utiliser la fluorescence d'autres corps ou l'action exercée par ces rayons sur les plaques sèches et les pellicules photographiques.

La photographie a l'avantage de fournir une preuve indiscutable; elle peut être effectuée sans le secours de la chambre noire, car il est inutile de relever le volet du châssis qui contient la plaque.

L'auteur a pu photographier ainsi une série de poids dans sa boîte, un fil enroulé sur une bobine de bois, un morceau de métal, le squelette d'une main à travers les chairs.

Sur cette dernière photographie (fig. 157), on voit une tache noire formée par une bague, placée à l'annulaire. Sur le morceau de métal, la photographie décèle un manque d'homogénéité.

Les rayons Röntgen n'agissent pas sur la rétine, bien qu'ils ne soient pas arrêtés par les milieux de

Digitized by Google

l'œil ; on n'a pu constater jusqu'ici aucun effet calorifique. Ces rayons ne subissent ni la réflexion, ni la réfraction ; ils ne sont pas déviés par l'aimant, ce qui les distingue des rayons cathodiques. Enfin, ils naissent au point où les rayons cathodiques viennent frapper le verre du tube ; si l'on dévie ces derniers par un aimant, l'origine des premiers se déplace en même temps.

M. Röntgen a cherché en vain à produire des interférences.

Diverses hypothèses ont été proposées quant à la nature de ces rayons ; il semble difficile d'admettre qu'ils puissent être des rayons ultra-violets, car leurs propriétés diffèrent beaucoup de celles des rayons ultra-violets déjà connus ; M. Röntgen croit préférable de les attribuer, au moins actuellement, à des vibrations longitudinales de l'éther.

Dès que la découverte de M. Röntgen a été connue, les chirurgiens ont pensé qu'elle leur offrait un nouveau moyen d'investigation, capable de rendre les plus grands services. Diverses tentatives ont été faites en ce sens ; en particulier, le Dr Lannelongue a obtenu de bons résultats en photographiant un fémur atteint d'ostéomyélite et un doigt d'enfant atteint d'une affection tuberculeuse. Il paraît donc certain que cette méthode peut être appliquée avec succès à quelques cas simples, mais elle est *actuellement* incapable, ainsi que le fait remarquer le Dr Gariel, de se prêter à l'exploration de la plupart des organes. En effet, les rayons Röntgen ne subissant pas la réfraction, on n'obtient pas sur la plaque photographique une véritable image, mais seulement une sorte d'ombre, qui représente bien le contour des objets, mais ne peut en montrer tous les détails.

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE..... 5

CHAPITRE PREMIER

Propriétés des courants..... 9

Oscillations ou ondulations électriques, 9. — Courants à haute fréquence, 13. — Champs magnétiques tournants, 18. — Courants polyphasés, 20.

CHAPITRE II

Production de l'électricité : Piles et dynamos..... 29

Pile de Lalande et Chaperon, 29. — Leclanché-Barbier, 31. — Jeanty, 32. — Appareil Fulgur, 36.

Dynamos à courant continu, 37. — Turbo-générateur électrique, 37. — Dynamo à gaz, 41. — Leeds, à courant constant, 44. — Scott et Mountain, 46. — Multipolaire Rechniewski, 48. — A inducteurs sectionnés, 51. — A collecteur séparé, 52. — A pédales, 54.

Dynamos à courants alternatifs, 55 : Alternateur Labour, 55. — Cail-Helmer, 56. — Volant O. Patin, 62. — Kingdon, 63. — Pyke et Harris, 65. — Emilio Belloni, 67. — J. A. Ewing, 67. — Thomson-Houston, 68.

Alternateurs à courants polyphasés, 69. — Zipernowsky, 69. — Westinghouse à courants diphasés, 72. — Siemens et Halske à courants triphasés, 73. — Dynamo dimorphe, 74.

Digitized by Google

CHAPITRE III

Accumulateurs et transformateurs..... 75

Accumulateurs : Accumulateurs à navettes, 75. — Epstein, 80. — Tudor, 81. — Desjardins, de Khotinsky, 83. — De la Société suisse pour la construction des accumulateurs, 84. — Laurent-Cély, 86. — P. Gadot et M. Pisca, 88. — Crompton Howell, 89. — Waddell-Entz, 90. — Au cadmium, 93. — Thermo-électrique, 93.

Transformateurs, 94 : Transformateur Ganz, 94. — Labour, 95. — Thomson-Houston, 99. — De fréquence et de tension, 100.

CHAPITRE IV

Production de l'électricité : appareils accessoires. 104

Balais feuilletés, 104. — Rhéostat, 104. — Régulateurs de tension : Fabius Henrion, 106. — Blathy, 108. — Indicateur de la charge des accumulateurs, 110. — Limiteur automatique de débit, 111. — Anneau isolateur, 113.

CHAPITRE V

Appareils de mesures et de contrôle..... 114

Voltmètres : Voltmètre électrostatique pour faibles potentiels, 114. — Enregistreur, 118. — Avertisseur, 119. Enregistreurs pour courants alternatifs, 119. — Compteurs d'électricité, 122. — Aron et E. Thomson, 124. — Wattmètre portatif, 126. — Enregistreur Richard frères, 128.

CHAPITRE VI

Lampes électriques et appareils accessoires..... 130

Lampes à arc ou régulateurs : Régulateur Cance, 130. — de Contades, 134. — Brianne, 135. — Wilbrant, 138. — Bardon, 139. — E. Thomson, 143. — A arc incandescent, 146. — A arc incandescent à haut potentiel, 147.

Lampes à incandescence, 148 : Lampe Bernstein, 148. — — Waring, 149. — Dériveur-réallumeur, 149. — Globe diffuseur transparent, 150. — Bobine à réaction, 152.

Digitized by Google

CHAPITRE VII

Éclairage électrique..... 154

Éclairage de l'Olympia, 154. — de l'Auditorium à Chicago, 156. — électrique de Clermont-Ferrand, 158. — électrique d'Anvers, 161. — des trains des chemins de fer, 163. — intermittent de tramways, 166. — des rues par l'incandescence, 166. — électrique et chauffage à vapeur combinés, 168.

CHAPITRE VIII

Applications de la lumière électrique..... 173

Projecteur électrique, 173. — Polyscope, 180. — Bijoux lumineux, 182. — Danse serpentine, 182. — Fontaines lumineuses, 184. — Pêche électrique, 186.

CHAPITRE IX

L'Électricité source de chaleur..... 187

Creuset électrique, 187. — Fabrication électrique du phosphore, 190. — Chauffage et cuisine électrique, 191. — Allume-cigares électrique, 196. — Forgeage électrique, 197. — Soudure électro-hydrothermique, 198.

CHAPITRE X

L'Étincelle électrique..... 199

Exploseur électrique Manet, 199. — Ozonateurs Seguy, 203.

CHAPITRE XI

Les industries électro-chimiques..... 210

Voltamètre à grand débit, 210. — Fabrication électrolytique du chlore, 212. — Préparation électrolytique de la céruse, 214. — Epuration électrolytique de l'eau, 214. — Traitement électrique du vin, 215. — Blanchiment électrique, 215. — Désinfection électrolytique,

Digitized by Google

216. — Extraction et blanchiment de la fécule, 225. — Tannage électrolytique, 229.

Electrométallurgie : Extraction de l'aluminium, 230. — Du chrome, 236. — Des métaux précieux, 236.

Electrochimie : Dépôt de cobalt, 240. — Dépôt de palladium, 241. — Dépôt d'aluminium, 241.

CHAPITRE XII

Actions physiologiques ; applications médicales. 243

Autoconduction, 243. — Action physiologique des courants à haute fréquence, 244. — Production de courants alternatifs à haute fréquence par les machines statiques, 245. — Secours à donner aux personnes foudroyées par suite d'un contact accidentel avec des conducteurs électriques à courant continu, 246. — Secours à donner aux personnes foudroyées par suite d'un contact accidentel avec des conducteurs électriques à courants alternatifs ou redressés, 252.

CHAPITRE XIII

Moteurs électriques..... 259

Moteurs à courant continu, 259 : Moteur de la Compagnie de Fives-Lille, 259. — Lundell, 262. — Nouveau moteur Thomson-Houston pour tramways, 266.

Moteurs à courants alternatifs, 266 : Moteurs à champ magnétique constant, 267 : Zipernowsky, 267 ; — A champ alternatif, 269. — A champ tournant, 270. — A courants diphasés de MM. Hutin et Leblanc, 270. — A courants diphasés du Creusot, 272. — A courants diphasés de Brown, 274. — A courants diphasés de la Westinghouse C°, 274. — biphasés de Tesla, 277. — triphasés de l'Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft, 281.

CHAPITRE XIV

Appareils de levage et autres mus par l'électricité..... 282

Grue électrique, 282. — Treuil électrique, 284. — Pont

Digitized by Google

roulant électrique, 286. — Ascenseurs électriques, 287. — Ventilateur électrique, 289.

CHAPITRE XV

Distribution de l'énergie électrique..... 292

Distribution à trois fils avec une seule dynamo, 292. — Avec double transformation, 296. — Par courants polyphasés, 297. — Circuit amortisseur, 298.

CHAPITRE XVI

Stations centrales; transmission de l'énergie..... 299

Usine du secteur des Champs-Elysées, 299. — Transmission d'énergie par courants diphasés à Decize, 300. — Station à courants triphasés d'Erding, 304. — A courants triphasés de Redlands, 308. — Etat actuel de la distribution de l'énergie électrique à Paris, 311.

CHAPITRE XVII

Traction électrique..... 322

Locomotive Heilmann, 322. — De la Compagnie du Nord, 330. — Siemens, 332. — Thomson-Houston, 333.

Tramways électriques : Tramways à accumulateurs, 336. — A conducteurs aériens, 343. — A rails conducteurs, 346. — A câble souterrain, 348. — Voiture électrique, 348.

CHAPITRE XVIII

Télégraphie électrique..... 350

Télégraphe imprimeur Higgins, 350.

CHAPITRE XIX

Téléphonie..... 358

Améliorations de détails imposées aux constructeurs d'appareils téléphoniques, 358. — Téléphone Ader, 360. — Amplificateur Massin, 362. — Aubry, 364. —

Digitized by Google

Bitéléphone, 365. — Nouveau transmetteur microphonique Ader, 369. — Transmetteur microphonique d'Arsonval, 373. — Mercadier et Anizan, 376. — Microphonique de Lalande, 379. — Poste microtéléphonique Bréguet, 381. — Théâtrophone, 383.

CHAPITRE XX

Les rayons Röntgen; la photographie à travers les corps opaques..... 396

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

Digitized by Google

TABLE ALPHABÉTIQUE

Accumulateur à navettes, 75; — Epstein, 80; — Tudor, 81; — Desjardins, 83; — de Khotinsky, 83; — de la Société suisse pour la construction des accumulateurs, 84; — Laurent-Cély, 86; — P. Gadot et M. Pisca, 88; — Crompton-Howell, 89; — Waddell-Entz, 90; — au cadmium, 93; — thermo-électrique, 93.
Ader. Téléphone, 360; — Nouveau transmetteur microphonique, 369.
Allume-cigares électrique, 196.
Alternateur Labour, 55; — Cail-Helmer, 56; — volant O. Patin, 62; — Kingdon, 63; — Pyke et Harris, 65; — Emilio Belloni, 67; — J. A. Ewing, 67; — Thomson-Houston, 68.
Alternateurs à courants polyphasés, 69: — Zipernowsky, 69. — Westinghouse à courants diphasés, 72; — Siemens et Halske à courants triphasés, 73.
Aluminium. Extraction de l'—, 230.
Aluminium. Dépôt électrolytique d'—, 241.
Anderson. Épuration électrolytique de l'eau, 214.
Anneau isolateur, 113.
Aron. Compteur, 124.
Arsonval (D'). Autoconduction, 243; — Transmetteur microphonique, 373.
Aubry. Téléphone, 364.
Bardon. Régulateur, 139.
Bijoux lumineux, 182.
Bitéléphone, 365.
Blanchiment électrique du papier, 215.
Blondlot. Expériences sur les oscillations électriques, 12.
Blot (G. R.). Accumulateur à navettes, 75.
Bottome. Préparation électrolytique de la céruse, 214.
Bouillotte électrique, 194.
Bréguet. Poste microtéléphonique, 381.
Brianne. Régulateur, 135.
Brown. Moteur à courants diphasés, 274.
Burton. Forgeage électrique, 197.
Cail-Helmer. Alternateurs, 56.

Digitized by Google

Cance. Régulateur, 130.
Cassel. Extraction des métaux précieux, 237.
Céruse. Préparation électrolytique de la —, 214.
Champs magnétiques tournants, 18.
Chauffage et cuisine électriques, 191.
Chlore. Fabrication électrolytique du —, 212.
Chrome. Extraction du —, 236.
Circuit amortisseur, 298.
City and South London Electric Railway. Locomotive Siemens, 332.
Cobalt. Dépôt électrolytique de —, 240.
Commelin et Finot. Accumulateur au cadmium, 93.
Compteurs d'électricité, 122; — Aron, 124; — E. Thomson, 124.
Contades (de). Lampe à arc, 143.
Courants à haute fréquence, 13.
Courants polyphasés, 20.
Cowles. Extraction de l'aluminium, 231.
Creuset électrique de Moissan, 187.
Creusot (Le). Moteur à courants diphasés, 272.
Crompton. Appareils de chauffage et de cuisine, 193.
Crompton-Howell. Accumulateur, 89.
Cuisine électrique (Appareils de) Crompton, 192.
Danse serpentine, 182.
Decize (Houillères de —). Transmission d'énergie par courants polyphasés, 300.
De la Rive. Production d'oscillations électriques, 10.
Dépôt électrolytique de cobalt, 240; — de palladium, 241; — d'aluminium, 241.
Désinfection électrolytique, 216; — des navires, 217; — des villes et des maisons, 219; — des eaux d'égout, 222.
Desjardins. Accumulateur, 83.
Distribution de l'énergie électrique, 292; — à Paris, 311.
Dynamo dimorphe. 74.
— à gaz, 41; — Leeds à courant constant, 44; — Scott et Mountain à courant continu, 46; — multipolaire Rechniewski, 48; — à inducteurs sectionnés, 51; — machine d'induction à collecteur séparé, 52; dynamo à pédales, 54.
Dynamos à courant continu, 37, 46; — à courants alternatifs, 55.
Eau. Épuration électrolytique de l' —, 214.
Egoroff. Production d'oscillations électriques, 10.
Électrochimie, 210.
Électro-chimiques (Industries), 210.
Électrogyroscope, 18.
Électrométallurgie, 230.
Énergie électrique. Distribution de l' — 292; — transmission de l'—, 299.
Epstein (Accumulateur), 80.
Épuration électrolytique de l'eau, 214.
Erding (Autriche). Station à courants triphasés, 304.
Étincelle électrique, 199.
Exploseur électrique Manet, 199.
Extraction de l'aluminium, 230.
Fahrig. Fabrication industrielle de l'ozone, 207.
Faure (Camille). Extraction de l'aluminium, 235.

Digitized by Google

Fer à repasser électrique, 194.
Ferraris, de Turin. Champs magnétiques tournants, 19.
Fiévé. Indicateur de la charge des accumulateurs, 110.
Fives-Lille (Moteur de), 259; — Transformateur triphasé, 296
Forgeage électrique, 197.
Four électrique pour cuisine de Crompton and Cº, 193.
Fulgur (appareil), 36.
Gadot et Pisca. Accumulateur, 88.
Ganz. Transformateur, 94.
Greenwod et Batley de Leeds. Dynamo à courant constant, 44.
Greenwood. Fabrication électrolytique du chlore et de la soude, 213.
Groth. Tannage électrolytique, 229
Hartmann et Braun. Voltmètre, 120.
Heilmann (Locomotive), 322.
Henrion (Fabius), de Nancy. Voltmètre enregistreur, 117.
Hermite. Désinfection électrolytique, 216; — Extraction et blanchiment de la fécule, 225.
Héroult. Extraction de l'aluminium 231.
Higgins. Télégraphe imprimeur, 350.
Holroyd Smith. Tramways à câble souterrain, 348.
Hutin et Leblanc. Machine d'induction à collecteur séparé, 52; — Moteur à courants diphasés, 270.
Inducteurs sectionnés (Dynamo à), 52.
Induction (machine d') à collecteur séparé, 52.
Jeantaud. Voiture électrique 348.
Jeanty (Pile), 32.
Joubert. Production d'oscillations électriques, 10.
Kelvin (Lord). Voltmètre électrostatique, 114.
Khotinsky. Accumulateur, 83.
Labour. Alternateur, 55; — Transformateur, 95.
Laghange et Hoho. Soudure électro-hydrothermique, 198.
Lalande (de). Transmetteur microphonique de —, 379.
Lalande et Chaperon (Pile), 29.
Lampes électriques, 130; — à arc ou régulateurs, 130; — Cance, 130; — régulateur de Contades, 134; — Brianne, 135, — à incandescence, 148.
Laurent-Cély. Accumulateur, 86, 338.
Laval. Turbine, 38.
Leclanché-Barbier (Pile), 51.
Le Verrier. Extraction de l'aluminium, 236; — des métaux précieux, 239.
Limiteur automatique de débit, 111.
Locomotive Heilmann, 322; — de la Compagnie du Nord, 330; — Siemens, 332.
Lontin et de Fonvielle. Electrogyroscope, 18.
Lundell (Moteur), 262.
Manet frères. Exploseur électrique, 199.
Martin (G.). Limiteur automatique de débit, 111.
Massin. Téléphone amplificateur, 362.
Mercadier. Bitéléphone, 365; — Transmetteur Mercadier et Anizan, 376.
Méritens (de). Traitement électrique du vin, 215.

Digitized by Google

Mesure. Appareils de —, 114.
Minet. Procédé d'extraction de l'aluminium, 233.
Moissan. Creuset électrique, 187.
Moteurs à courants polyphasés (Principe des), 25.
— à courant continu : de Fives-Lille, 259; — Lundell, 262; — Thomson-Houston pour tramways, 266.
— à courants alternatifs, 266; — à champ magnétique constant, 267; — à champ alternatif, 269; — à champ tournant, 270; — ventilateur électrique, 289.
Mordey. Moteurs à champ alternatif, 269.
Natting (S.). Matelas électrothermogénique, 196.
Navires. Désinfection des navires, système Hermite, 218.
Nord. Locomotive de la Compagnie du chemin de fer du, 330.
Oscillations ou ondulations électriques, 9.
Ozonateurs Seguy, 203.
Palladium. Dépôt électrolytique de —, 241.
Pêche électrique, 186.
Phosphore. Fabrication électrique du —, 190.
Photographie à travers les corps opaques, 396.
Pile de Lalande et Chaperon, 29; — Leclanché-Barbier, 31; — Jeanty, 32.
Poste microtéléphonique Bréguet, 381.
Rayons Röntgen, 396.
Readman et Parker. Fabrication électrique du phosphore, 190.
Redlands (Californie). Transmission par courants triphasés, 308.
Régulateur Cance, 130; — de Contades, 134; — Brianne, 135; — Wilbrant, 138; — Bardon, 139; — E. Thomson, 143.
Renard (Commandant). Voltamètre à grand débit, 210.
Richard (J.). Voltmètre avertisseur pour tableaux de distribution, 118; — pour courants alternatifs, 119; Wattmètre enregistreur, 128.
Röntgen. Les rayons, 396.
Sarasin. Production d'oscillations électriques, 10.
Scott et Mountain. Dynamo à courant continu, 46.
Secours à donner aux personnes foudroyées par suite d'un contact accidentel avec des conducteurs, 246.
Siemens (Locomotive), 332.
Siemens et Halske. Tramways à câble souterrain, 348.
Société industrielle des téléphones, 361, 369.
Soudure électro-hydrothermique, 198.
Téléphone Ader, 360; — amplificateur Massin, 362; — Aubry, 364.
Téléphonie, 358.
Tesla. Courants à haute fréquence, 13.
Thomson (E.). Compteur, 124; — Régulateur, 143.
Thomson-Houston (Alternateur), 68; — Moteur W. P. pour tramways, 266; — Locomotive, 333.
Transformateur Ganz, 94; — Labour, 96.
Tannage électrolytique, 229.
Télégraphe imprimeur Higgins, 350.
Théâtrophone, 383.

Digitized by Google

Traction électrique, 322.
Tramways électriques, 336; — à accumulateurs, 336; — à conducteurs aériens, 343; — à rails conducteurs, 346; — à câble souterrain, 348.
Transformateur triphasé de Fives-Lille, 296.
Transmetteur microphonique de Lalande, 379.
Transmission de l'énergie, 299.
Trouvé. Danse serpentine, 182; — fontaines lumineuses, 184; — pêche électrique, 186.
Tudor. Accumulateur, 81.
Turbine Laval, 38.
Turbo-générateur électrique, 37.
Usine du secteur des Champs-Elysées, 299.
Ventilateur électrique, 289.
Villon. Blanchiment électrique du papier, 215.
Vin. Traitement électrique du —, 215.
Violle. Creuset électrique, 187.
Voiture électrique Jeantaud, 348.
Voltamètre à grand débit du commandant Renard, 210.
Voltmètre électrostatique pour faibles potentiels, 114; — enregistreur de Fabius Henrion, 117; — avertisseur J. Richard, 119; — enregistreur pour courants alternatifs, 119.
Waddell-Entz. Accumulateur, 90.
Wattmètre portatif, 126; — enregistreur, 128.
Westinghouse : Alternateur à courants diphasés, 72; — Moteur à courants diphasés, 274.
Wilbrant. Régulateur, 138.
Webster. Purification des eaux d'égout, 222.
Worms et Balé. Tannage électrolytique, 229.
Zipernowsky : Alternateur, 69; — Moteur à courants alternatifs, 267.

FIN DE LA TABLE ALPHABÉTIQUE.

2529-96. — Corbeil. Imprimerie Crété.

Digitized by Google

LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS

Rue Hautefeuille, 19, près le boulevard Saint-Germain, Paris

BIBLIOTHÈQUE DES CONNAISSANCES UTILES

à 4 fr.

le volume cartonné

COLLECTION NOUVELLE

de volumes in-16, comprenant 400 pages, illustrés de figures.

75 VOLUMES PARUS

ARTS ET MÉTIERS

INDUSTRIE MANUFACTURIÈRE, ART DE L'INGÉNIEUR, CHIMIE, ÉLECTRICITÉ

ECONOMIE RURALE

AGRICULTURE, HORTICULTURE, ÉLEVAGE

Bachelet. Conseils aux mères.
Baudoin. Eaux de vie.
Beauvisage. Matières grasses.
Bel. Maladies de la vigne.
Bellair. Arbres fruitiers.
Berger. Plantes potagères.
Bois Petit jardin.
— Plantes d'appartement.
— Orchidées.
Brevans. Pain et viande.
— Légumes et fruits.
— Fabrication des liqueurs.
— Conserves alimentaires.
Buchard. Matériel agricole.
— Constructions agricoles.
Cambon. Art de la vinification.
Coupin. Aquarium d'eau douce.
— L'amateur de coléoptères.
— L'amateur de papillons.
Champetier. Maladies du cheval.
Cuyer. Dessin et peinture.
Dalton. Physiologie et hygiène.
Denaiffe. Culture fourragère
Donné. Conseils aux mères.
Dujardin. Essai des vins.
Dussuc. Ennemis de la vigne.
Espanet. Homéopathie.
Ferrand. Premiers secours.
Ferville. Industrie laitière.
Fitz-James. Viticulture.
Fontan. Santé des animaux.
Gobin. Pisciculture.
Gourret. Pêcheries.
Graffigny. Industries d'amateur.
Gunther. Médecine vétérinaire.
Guyot. Animaux de la ferme.

ECONOMIE DOMESTIQUE

HYGIÈNE ET MÉDECINE USUELLE

Halphen. Essais commerciaux.
Heraud. Secrets de la science.
— Secrets de l'écon. domest.
— Secrets de l'alimentation.
— Récréations scientifiques.
Lacroix. Le poil des animaux.
— La plume des oiseaux.
Larbaletrier. Les engrais.
Leblond. La gymnastique.
Lefèvre (J). Le chauffage.
— Electricité à la maison.
— Nouveautés électriques.
— Les Moteurs.
Locard. La pêche et les poissons.
Londe. Photographie.
Montillot. Insectes.
— Eclairage électrique.
Mont-Serrat. Le gaz.
Moquin-Tandon. Botan. médic.
Moreau. Oiseaux de volière.
Pertus. Le chien.
Piesse. Parfums.
Poutiers. Menuiserie.
Relier. Elevage du cheval.
Riche. Art de l'essayeur.
— Monnaies et bijoux.
Saint-Loup. Basse-cour.
— Oiseaux de parc et faisans.
St-Vincent. Méd. des familles.
Sauvaigo. Cultures du Midi.
Schribaux. Bot. agricole.
Tassart. Matières colorantes.
— Industrie de la teinture.
Thierry. Vaches laitières.
Vignon. Soie.
Witz. La machine à vapeur.

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT POSTAL

Digitized by Google

N° 500.

Les Secrets de la science et de l'industrie. Recettes, formules et procédés d'une utilité générale et d'une application journalière, par A. HERAUD, pharmacien en chef de la marine, professeur à l'Ecole de médecine navale de Toulon. 1 volume in-16, de 366 pages, avec 163 figures, cartonné . . . . . 4 fr.

L'électricité ; les machines; les métaux ; le bois; les tissus; la teinture ; les produits chimiques; l'orfèvrerie ; la céramique; la verrerie ; les arts décoratifs ; les arts graphiques.

Les Secrets de l'économie domestique, à la ville et à la campagne. Recettes, formules et procédés d'une utilité générale et d'une application journalière, par le professeur A. HERAUD. 1 volume in-16 de 384 pages, avec 241 figures, cartonné . . . . . 4 fr.

L'habitation ; le chauffage ; les meubles; le linge; les vêtements ; la toilette et l'entretien, le nettoyage et la réparation des objets domestiques ; les chevaux ; les voitures; les animaux et les plantes d'appartements ; la serre et le jardin; la destruction des animaux nuisibles.

Les Secrets de l'alimentation. Recettes, formules et procédés d'une utilité générale et d'une application journalière, par le professeur A. HERAUD. 1 volume in-16 de 428 pages, avec 221 figures, cartonné . . . . . 4 fr.

Le pain, la viande, les légumes, les fruits ; l'eau, le vin, la bière, les liqueurs la cave, la cuisine, l'office, le fruitier, la salle à manger, etc.

Ces trois ouvrages de M. le professeur Héraud contiennent une foule de renseignements que l'on ne trouverait qu'en consultant un grand nombre d'ouvrages différents. C'est une petite encyclopédie qui a sa place marquée dans la bibliothèque de l'industriel et du campagnard. M. Héraud met à contribution toutes les sciences pour en tirer les notions pratiques qui peuvent être utiles. De là, des recettes, des formules, des conseils de toute sorte et l'énumération de tous les procédés applicables à l'exécution des diverses opérations que l'on peut vouloir tenter soi-même.

Jeux et récréations scientifiques. Applications usuelles des mathématiques, de la physique, de la chimie et de l'histoire naturelle, par le professeur A. HERAUD, 1893, 1 vol. in-16 de 636 pages, avec 297 figures, cartonné . . . . 4 fr.

Les infiniment petits, le microscopie, récréations botaniques, illusions des sens, les trois états de la matière, les propriétés des corps, les forces et les actions moléculaires, équilibre et mouvement des fluides, la chaleur, le son, la lumière, l'électricité statique, le magnétisme, l'électricité dynamique, récréations chimiques, les gaz, les combustions, les corps explosifs, la cristallisation, les précipités, les liquides colorés, les décorations, les écritures secrètes, récréations mathématiques, propriétés des nombres, le jeu du Taquin, récréations astronomiques et géométriques, jeux mathématiques et jeux de hasard.

Le Dessin et la peinture, par Ed. CUYER, prosecteur à l'Ecole nationale des Beaux-Arts, professeur aux Ecoles de la ville de Paris, 1893, 1 vol. in-16 de 304 pages, avec 246 figures. 4 fr.

Le plan qu'il a suivi est celui que l'on met en pratique dans l'enseignement, depuis l'Ecole primaire jusqu'aux Ecoles d'art. Il s'occupe successivement du *dessin linéaire géométrique;* du *dessin géométral ;* et du *dessin perspectif,* et de la *perspective d'observation.* M. CUYER s'occupe ensuite de la peinture, des *lois physiques,* de la *chimie, des couleurs* et des différents procédés de peinture : *pastel, gouache, aquarelle, huile.*

Formulaire des nouveautés photographiques, par G. BRUNEL. 1896, 1 vol. in-16 de 350 pages avec 0 figures, cartonné . . . . . 4 fr

Aide-Mémoire pratique de photographie, par A. LONDE, 1896, 1 vol. in-16 de 352 pages, avec 51 figures et 1 planche en photocollographie, cartonné. 4 fr.

La lumière. — Le matériel photographique. — La Chambre noire, l'Objectif, l'Obturateur, le Viseur, le Pied. — L'Atelier vitré. — Le Laboratoire. — Le Négatif. — Exposition, développement. — Le Positif. — Procédés phothographiques — La Photocollographie. — Les Agrandissements. — Les Projections. — La Reproduction des couleurs. — Orthochromatisme. — Procédé Lippmann. — La Photographie à la lumière artificielle

Les Industries d'amateurs. Le papier et la toile, la terre, la cire, le verre et la porcelaine, le bois, les métaux, par H. de GRAFFIGNY. 1 volume in-16 de 365 pages, avec 395 figures, cartonné . . . . . 4 fr.

Cartonnages; papiers de teinture; encadrements; masques; brochage et reliure; fleurs artificielles ; aérostats; feux d'artifices, modelage ; moulage ; gravure sur verre ; peinture de vitraux ; mosaïques; menuiserie ; tour; découpage du bois ; marqueterie et placage ; serrurerie; gravure en taille-douce; mécanique ; électricité: galvanoplastie; horlogerie.

La Menuiserie, par A. POUTIERS, professeur à l'Ecole des Arts industriels d'Angers, 1896, 1 vol. in-16 de 350 pages, avec 80 figures dessinées par l'auteur, cartonné . . . . 4 fr.

A travers les âges. — Choix et travaux préparatoires des bois. — L'art d'assembler les bois. — La menuiserie en bâtiment : Châssis, croisées, portes, lambris, plafonds, parquets et planchers. — Stéréotomie. — Escaliers.

Les Moteurs hydrauliques, les Moulins-à-vent, les Moteurs à gaz, les Moteurs à pétrole et les Moteurs électriques, par JULIEN LEFEVRE, 1896, 1 vol. in-16 de 350 pages, avec 200 figures, cartonné . . . . . 4 fr.

Moteurs hydrauliques. — Puissance. — Roues en dessus, de côté, en dessous. — Turbines centrifuges, centripètes, parallèles, mixtes, américaines. — *Moulins à vent* — Moulins à axe horizontal, à axe vertical, américains. — *Moteurs à gaz tonnants.* — Comparaison des machines thermiques. — Gazogènes. — Carburation de l'air. — Moteurs à gaz. — Moteurs à essence de pétrole, à huile de pétrole. — Applications : appareils de levage, distribution d'énergie, éclairage électrique, voitures, cycles, bateaux.

Digitized by Google

La Machine à vapeur, par A. WITZ, docteur ès sciences, ingénieur des arts et manufactures, 1891, 1 vol. in-16, de 324 pages, avec 80 figures, cartonné. . . . . 4 fr.

Théorie générique et expérimentale de la machine à vapeur. Détermination de la puissance des machines. Classification des machines à vapeur. Distribution par tiroir et à déclic. Organes de la machine à vapeur. Types de machines, machines à grande vitesses, horizontales et verticales. Machines locomobiles demi-fixes et servo-moteurs, machines compactes, machines rotatives et turbo-moteurs.

Le Gaz et ses applications, éclairage, chauffage, force motrice, par E. de MONT-SERRAT et BRISAC, ingénieurs de la Compagnie parisienne du gaz, 1892, 1 vol. in-16, de 368 pages, avec 86 figures, cartonné . . . . . 4 fr.

Fabrication du gaz et canalisation des voies publiques. Eclairage : principaux brûleurs à gaz, éclairage public et privé. Chauffage : applications à la cuisine et à l'économie domestique, applications industrielles, emploi dans les laboratoires. Moteurs à gaz. Sous-produits de la fabrication du gaz.

L'Éclairage électrique, générateurs, foyers, distribution, applications, par L. MONTILLOT, directeur de télégraphie militaire, 1894, 1 volume in-16 de 408 pages, avec 190 figures, cartonné. . . . . 4 fr.

L'auteur passe en revue les piles industrielles, les accumulateurs les machines dynamo-électriques, les régulateurs à arc, les bougies, les lampes à incandescence ; les divers systèmes de distribution par courant continu ou par courants alternatifs et transformateurs.

La seconde partie est consacrée aux applications de la lumière électrique, soit à l'éclairage de la voie publique, soit aux manœuvres marines et aux opérations de la guerre, à l'industrie et aux installations domestiques.

L'Électricité à la maison, par JULIEN LEFÈVRE, professeur à l'Ecole des sciences de Nantes. 1 volume in-16 de 396 pages, avec 209 figures, cartonné . . . . . 4 fr.

Production de l'électricité ; piles ; accumulateurs ; machines dynamos ; lampes à incandescence ; régulateurs ; bougies ; allumoirs ; sonneries ; avertisseurs automatiques ; horlogeries ; réveille-matin ; compteurs d'électricité ; téléphones et microphones ; moteurs ; locomotion électrique ; bijoux ; récréations électriques ; paratonerres

Les Nouveautés électriques, par JULIEN LEFÈVRE, 1896, 1 volume in-16, de 400 pages, avec 150 figures, cartonné . . . . . 5 fr.

Cet ouvrage est au courant des découvertes les plus nouvelles et fait connaitre les appareils et les applications qui se sont produits récemment, tant en France qu'à l'étranger, notamment à l'exposition de Chicago.

On y trouvera, en fait de nouveautés, au point de vue théorique, l'étude des ondulations electromagnétiques, celle des courants de haute fréquence, et l'exposé de la découverte des champs tournants et des courants polyphasés. Au point de vue des applications, on trouvera toutes les nouveautés relatives au chauffage électrique, à l'éclairage, au théatrophone, etc.

Digitized by Google

Le chauffage et les applications de la chaleur dans l'industrie et l'économie domestique, par JULIEN LEFÈVRE, professeur à l'Ecole des sciences de Nantes, 1893, 1 volume in-16 de 356 pages, avec 188 figures, cartonné. 4 fr.

La ventilation naturelle, par cheminée chauffée et mécanique. Chauffage par les cheminées et par les poêles, fixes ou mobiles, chauffage des calorifères, par air chaud, l'eau chaude, la vapeur, chauffage des cuisines, des bains, des serres, des voitures, et des wagons, etc. Transformation des liquides en vapeurs: *distillation, évaporation, séchage et essorage*, désinfection et conservation des matières alimentaires. Production du froid, *fabrication et conservation de la glace*.

L'Art de l'essayeur, par A. RICHE, directeur des essais à la Monnaie de Paris, et E. GELIS, 1 volume in-16, de 384 pages, avec 94 figures, cartonné. . . . . 4 fr.

Préparation des matières. Principales opérations : fourneaux : vases ; agents et réactifs, essais qualificatifs par voie sèche. Argent; or ; platine ; palladium ; plomb ; mercures ; cuivre ; étain ; antimoine ; arsenic ; bismuth ; nickel ; cobalt; zinc ; aluminium ; fer. Essai des cendres. Tables pour le calcul des essais d'argent par la méthode de Gay-Lussac.

Monnaie, médailles et bijoux, essai et contrôle des ouvrages d'or et d'argent, par A. RICHE. 1 volume in-16, de 396 pages. avec 66 figures, cartonné. . . . . 4 fr.

La monnaie à travers les âges; les systèmes monétaires ; l'or et l'argent ; extraction ; affinages ; fabrication des monnaies ; la fausse monnaie. Les médailles et les bijoux ; titres, poinçons, bigornes, exportation et importation ; ouvrages dorés, argentés, en doublé ; épingles, broches, bracelets ; bureaux de garantie ; inspecteurs, contrôleurs, essayeurs ; la garantie et le contrôle en France et à l'étranger.

La pratique des essais commerciaux et industriels, par G. HALPHEN, chimiste du Ministère du commerce, 2 vol. in-16, cartonnés. Chaque . . . . 4 fr.

Une rédaction concise, l'indication de très nombreux détails pratiques relatifs aux quantités de réactif à employer, à la durée de traitement, l'exposé de toutes les précautions qu'il convient d'observer scrupuleusement pour mener à bien l'analyse entreprise, rendront ces 2 volumes également utiles aux personnes qui ne font pas de l'analyse chimique leur occupation habituelle et à celles qui sont familières avec ce genre de travail.

Matières minérales. — Analyse qualitative et quantitative, 1892, 1 vol. in-16, de 342 pages, avec 28 figures, cartonné . . 4 fr.

Détermination des bases, et des acides. Analyse des silicates. Acidimétrie, alcalimétrie, ammoniaque, soude, potasse, chaux, chlorométrie, fer, cuivre, zinc, plomb, nickel, argent, or, alliages, terres, verres, couleurs, etc.

Matières organiques. — 1893, 1 vol. in-16, de 351 pages, avec 72 figures, cartonné . . . . . 4 fr.

Farines et matières amylacées, poivre, matières sucrées méthylènes, alcools et eaux-de-vie, kirsch, vins, bière, vinaigre, éther, lait, beurre, fromage, herbes végétales, suifs, savons, glycérines, cires, résines, huiles minérales, huiles industrielles, combustibles, huiles de houille, matières colorantes, engrais, urines papiers, textiles et tissus, cuirs.

Digitized by Google

Histoire des parfums et hygiène de la toilette. Poudres, vinaigres, dentifrices, fards, teintures, cosmétiques, etc., par S. PIESSE, chimiste-parfumeur à Londres. *Edition française* par F. CHARDIN-HADANCOURT et H. MASSIGNON, parfumeurs à Paris et G. HALPHEN, chimiste au Laboratoire du Ministère du Commerce, 1889, 1 vol. in-16 de 371 pages, avec 68 figures, cartonné . . . . . 4 fr.

La parfumerie à travers les siècles; histoire naturelle des parfums d'origine végétale et d'origine animale; hygiène des parfums et des cosmétiques; hygiène des cheveux et préparations épilatoires; poudres et eaux dentifrices; teintures, fards, rouges, etc.

Chimie des parfums et fabrication des essences, extraits d'odeurs, eaux aromatiques, pommades, etc., par S. PIESSE, chimiste-parfumeur à Londres. *Edition française*, par F. CHARDIN-HADANCOURT, H. MASSIGNON et G. HALPHEN, 1896. 1 vol. in-16 de 397 pages, avec 78 figures, cartonné. . . . . 4 fr.

Extraction des parfums; propriétés, analyses, falsifications des essences; essences artificielles; applications de la chimie organique à la parfumerie; fabrication des savons; étude des substances employées en parfumerie; formules et recettes pour essences; extraits, bouquets, eaux composées, poudres, etc.

Les Matières grasses, caractères, falsifications et essai des huiles, beurres, graisses, suifs et cires, par le Dr BEAUVISAGE, professeur agrégé d'histoire naturelle à la Faculté de Lyon, 1891, 1 vol. in-16, de 324 pages, avec 90 figures, cartonné. . . . . 4 fr.

Matières grasses en général, caractères généraux, usages, origine et extraction, procédés physiques et chimiques d'essai, huiles animales, huiles végétales diverses, huiles d'olive, beurres, graisses et suifs d'origine animale, beurres végétaux, cires animales, végétales et minérales.

L'industrie laitière, le lait, le beurre et le fromage, par E. FERVILLE, 1 volume in-16, de 384 pages, avec 88 figures cartonné. . . . . 4 fr.

Le lait; essayage; vente; lait condensé; le beurre; la crème; système Swartz, écrémeuses centrifuges; barattage; délaitage mécanique; margarine; fromages frais et affinés, fromages pressés et cuits; construction des laiteries; comptabilité; enseignement.

L'alcool au point de vue chimique, agricole, industriel, hygiénique et fiscal, par A. LARBALETRIER, professeur à l'Ecole pratique d'agriculture du Pas-de-Calais. 1 vol. in-16, de 312 pages, avec 62 figures, cartonné . . . . . 4 fr.

Propriétés physiques. Caractères chimiques. Dérivés. Matières alcoolisables. Fermentation alcoolique. Distillation. Alcools d'industrie. Purification et rectification. Spiritueux et liqueurs alcooliques. Altérations et falsifications. Action sur la santé. Usages. Impôts.

Digitized by Google

Le Vin et l'art de la vinification, par V. CAMBON, ingénieur des arts et manufactures, vice-président de la Société de viticulture de Lyon, 1892, 1 vol. in-16 de 324 pages, avec 75 figures cartonné.. . . . . 4 fr.

Le raisin et le moût, la fermentation, la vinification, composition et analyse du vin, vinifications spéciales, maladies du vin, altérations et sophistications des vins, l'outillage vinaire, production du vin dans le monde, achat, livraison et transport du vin, etc.

L'essai commercial des vins et vinaigres par J. DUJARDIN, ingénieur des arts et manufactures, 1892, 1 vol. in-16, de 368 pages, avec 166 figures, cartonné . . 4 fr.

Examen des raisins. — Essai du moût. — Dosage de l'alcool, de l'extrait sec des cendres, du sucre, du tanin, de la glycérine, etc. Recherche du vin de raisins secs, du plâtre, de l'acide salicylique, de la saccharine, des colorants, etc. — Examen microscopique des vins malades. — Analyse et essai des vinaigres.

Les Eaux-de-vie et la fabrication du Cognac, par A. BAUDOIN, directeur du Laboratoire de chimie agricole et industrielle de Cognac, 1893, 1 vol. in-16 de 278 pages, avec 39 figures, cartonné. . . . . 4 fr.

Les eaux-de-vie. — L'eau-de-vie dans les Charentes. — La distillation. — Composition et vieillissement de l'eau-de-vie. — Analyse des vins et des eaux-de-vie. — Maladies, altérations et falsifications. — Manipulations commerciales. — Pesage métrique des eaux-de-vie. — Tables de mouillage. — Installation d'une maison de commerce. — Usage — Les eaux-de-vie devant la loi, le fisc et les tribunaux.

La fabrication des liqueurs, par J. de BREVANS, chimiste principal du Laboratoire municipal de la ville de Paris, Préface par CH. GIRARD, directeur du Laboratoire municipal, 1898, 1 volume in-16, de 384 pages, avec 93 figures, cartonné . . . . . 4 fr.

L'alcool ; la distillation des vins et des alcools d'industrie; la purification et la rectification ; les liqueurs naturelles; les eaux-de-vie de vins et de fruits ; le rhum et le tafia ; les eaux-de-vie de grains ; les liqueurs artificielles ; les matières premières; les essences; les esprits aromatiques, les alcoolats, les teintures, les alcoolatures, les eaux distillées, les sucs, les sirops, les matières colorantes; les liqueurs par distillation et par infusion; les liqueurs par essences; vins aromatisés et hydromels ; punchs ; les conserves; les fruits à l'eau-de-vie, et les conserves de fruits; analyse et falsifications des alcools et des liqueurs ; législation et commerce.

Les Conserves alimentaires, par J. de BREVANS, 1896, 1 vol. in-16, de 350 pages, avec 100 figures, cartonné. . . . . 4 fr.

Conservation des viandes, conserves de légumes et de fruits. Conserves de poissons, etc.

Digitized by Google

La Soie, au point de vue scientifique et industriel, par Leo VIGNON, maître de conférences à la Faculté des sciences, sous directeur de l'Ecole de chimie industrielle de Lyon. 1890, 1 vol. in-16 de 359 pages, avec 81 figures, cartonné. . . . . 4 fr.

Le ver à soie ; le ver ; la chrysalide ; le papillon ; la sériciculture et les maladies du ver à soie ; la soie ; le triage et le dévidage des cocons ; étude physique et chimique de la soie grège ; le moulinage ; les déchets de soie et l'industrie de la schappe ; les soieries ; essais, conditionnement et titrage ; la teinture ; le tissage ; finissage des tissus ; impression ; apprêts ; classification des soieries ; l'art dans l'industrie des soieries ; documents statistiques sur la production des soies et soieries.

Les Matières colorantes et la chimie de la teinture, par L. TASSART, ingénieur, répétiteur à l'Ecole centrale des arts et manufactures, chimiste de la Société des matières colorantes et produits chimiques de Saint-Denis (Etablissements POIRRIER et DALSACE), 1889, 1 vol. in-16, de 296 pages, avec 26 figures, cartonné . . . . . 4 fr.

Matières textiles : fibres d'origine végétale, coton, lin, chanvre, jute, ramie ; fibres d'origine animale, laine et soie ; matières colorantes minérales, végétales et animales ; matières tannantes ; matières colorantes artificielles ; dérivés du triphényl-méthane, phtaléines ; matières colorantes nitrées et azoïques, indophénols, safranines, alizarines, etc. ; analyse des matières colorantes ; mordants d'alumine, de fer, de chrome, d'étain, etc. ; matières employées pour l'apprêt des tissus ; des eaux employées en teinturerie et de leur épuration.

L'Industrie de la teinture, par L. TASSART, 1890, 1 vol. in-16, de 305 pages, avec 55 figures, cartonné. 4 fr.

Le blanchiment du coton, de la laine et de la soie ; le mordançage ; la teinture à l'aide des matières colorantes artificielles (matières colorantes dérivées du triphénilméthane, phtaléines ; matières colorantes artificielles, safranine, alizarine, etc.) ; de l'échantillonnage ; manipulation et matériel de la teinture ; des fibres textiles, des fils et des tissus ; rinçage, essorage, séchage, apprêts, cylindrage, calendrage, glaçage, etc.

La Plume des oiseaux, par LACROIX-DANLIARD, histoire naturelle, habitat, mœurs, chasse et élevage des oiseaux dont la plume est utilisée dans l'industrie du plumassier, préparation et mise en œuvre de la plume, usages guerriers, parure et habillement, usages domestiques, conservation, statistique, pays de provenance et principaux marchés, 1891, 1 vol. in-16, de 368 pages, avec 94 figures cartonné. . . . . 4 fr.

Le Poil des animaux et les fourrures, par LACROIX-DANLIARD, histoire naturelle, habitat, mœurs et chasse des animaux à fourrures, industrie des pelleteries et fourrures, principaux marchés, préparation, mise en œuvre, conservation, poils et laines, industrie de la chapellerie et de la brosserie, etc., 1892, 1 vol. in-16 de 419 pages avec 79 figures cartonné. 4 fr.

Digitized by Google

Le Petit jardin, par D. BOIS, assistant de la chaire de culture au Muséum, 1889, 1 vol. in-16, de 352 pages, avec 149 figures, cartonné. . . . . 4 fr.

Création et entretien du petit jardin; les instruments; le sol; les engrais; l'eau; les couches et les châssis; le défoncement du sol; le binage et le sarclage; la multiplication; les semis; le greffage; le bouturage; la plantation; les cultures en pots; la taille des arbres; le jardin d'agrément; gazons; plantes et arbrisseaux d'ornement, corbeilles et massifs; le jardin fruitier; le jardin potager; alternance des cultures; les travaux mois par mois; les maladies des plantes et les animaux nuisibles.

Les Plantes d'appartement et les plantes de fenêtres, par D. BOIS, 1891, 1 vol. in-16 de 388 pages, avec 169 figures, cartonné. . . . 4 fr.

Principes de culture appliqués aux plantes d'appartement et de fenêtres: caisses et pots à fleurs, plantations, arrosage, lavage des plantes, rempotage, multiplication, maladies.

Règles à observer dans l'achat des plantes d'appartement.

Les palmiers, les fougères les orchidées, les plantes aquatiques; les corbeilles et les bouquets; les plantes de fenêtres; le jardin d'hiver; culture en pots; conservation des plantes en hiver; choix des plantes et arbrisseaux d'ornement suivant leur destination, leur exposition à l'ombre et au soleil; orneïentation des fenêtres et des appartements.

Les Orchidées, Manuel de l'amateur, par D. BOIS, 1893, 1 vol. in-16, de 323 pages, avec 119 figures, cartonné. 4 fr.

Caractères botaniques. — Distribution géographique. — Les orchidées ornementales. — La Vanille et les orchidées utiles. — Culture des orchidées. — Serres à orchidées. — Multiplication des orchidées. — Orchidées hybrides.

Le livre de M. Bois contient un choix des Orchidées les plus ornementales. Un tableau synoptique, accompagné de figures explicatives, des descriptions claires et précises, permettront d'arriver à en trouver les noms corrects, ainsi que l'indication de leur patrie ou de leur origine et le genre de culture qui leur est favorable. L'amateur d'Orchidées trouvera dans ce livre les notions qui lui sont indispensables pour suivre la culture de ses collections et se rendre compte des procédés de plantation, d'arrosage et de multiplication.

Les Arbres fruitiers, par G. BELLAIR, jardinier en chef de l'Orangerie de Versailles, 1891, 1 vol. in-16, de 318 pages, avec 132 figures, cartonné. . . . . 4 fr.

Arboriculture générale : Le matériel et les procédés de cultures : l'arbre fruitier, ses organes, leur fonctionnement, le sol et les engrais; les outils de culture; aménagement du jardin fruitier : ameublissement du sol; multiplication des arbres; plantation; taille et direction; principales formes données aux arbres. Cultures spéciales; la vigne; les groseillers; le poirier; le pommier; le cognassier; le néflier; le pêcher; le prunier; l'abricotier; le cerisier; l'amandier; le noyer; le framboisier; le figuier; le châtaignier; le noisetier. Description des espèces et variétés. Culture. Maladies. Insectes nuisibles; restauration des arbres fruitiers; conservation des fruits.

Digitized by Google

Les Maladies de la vigne et les meilleurs cépages français et américains, par JULES BEL, 1890, 1 vol. in-16 de 312 pages, avec 111 figures, cartonné. . . . . 4 fr.

Ce volume sera consulté avec profit par tous ceux qu'intéressent les questions se rapportant à la viticulture. A côté des études personnelles de l'auteur, ils y trouveront des remarques importantes dues aux savants les plus compétents, les résultats obtenus dans les écoles départementales de viticulture, ainsi que les essais faits chez les viticulteurs les plus éminents du midi de la France. Cet ouvrage, très substantiel, contient de nombreuses figures représentant l'aspect des principales maladies de la vigne et les principaux cépages.

Les Ennemis de la vigne, moyens de les détruire par E. DUSSUC, lauréat de la Société des agriculteurs de France, ex-stagiaire au Laboratoire de viticulture de Montpellier, 1894, 1 vol. in-16 de 368 pages, avec 148 figures, cartonné. 4 fr.

La vigne est attaquée par une foule d'ennemis dont plusieurs sont des plus redoutables. Ce sont ces ravageurs de la vigne et les moyens de les combattre que M. Dussuc, mettant à profit l'expérience qu'il avait acquise au Laboratoire de viticulture de l'Ecole d'agriculture de Montpellier, a exposé en un volume que la Société des agriculteurs de France vient de couronner.

M. Dussuc étudie successivement les insectes souterrains et aériens nuisibles à la vigne (Phylloxera, Pyrale, Cochylis, etc.), les maladies cryptogamiques (Mildiou, Oïdium, Anthracnose, Blac Rot, Rot-Blanc, Brunissure, maladie de Californie, Pourridié, etc.), et les altérations organiques (Chlorose, etc.)

C'est un livre pratique donnant tous les moyens pour combattre les ennemis de la vigne, leurs inconvenients et leurs avantages et leur prix de revient.

La Pratique de la viticulture, Adaptation des cépages franco-américains aux vignobles français, par Mme la duchesse de FITZ-JAMES, 1894, 1 vol. in-16 de 390 pages, avec 92 figures cartonné . . . . . 4 fr.

L'auteur s'occupe d'abord des vignobles reconstitués qui se divisent eux-mêmes en deux grandes fractions, ceux qui donnent des résultats rémunérateurs et ceux qui n'en donnent pas; l'auteur y passe en revue le choix des cépages et les procédés de multiplication, le rôle favorable ou défavorable du terrain, des racines et des affinités respectives entre porte-greffes et greffons.

La deuxième partie traite des vignobles en voie de perdition : vignobles menacés à courte échéance par le manque d'adaptation et la chlorose, et vignobles menacés d'une façon plus ou moins lointaine. La question de la reconstitution par le provignage franco-américain est longuement traitée. Ce volume résume les travaux de MM. FORX, P. VIALA, MUNTZ, PRILLIEUX, MARÈS, etc.

Les Cultures sur le littoral de la Méditerranée (Provence, Ligurie, Algérie), par M. SAUVAIGO, directeur du Muséum d'histoire naturelle de Nice. Introduction de Ch. NAUDIN, de l'Institut, 1894, 1 volume in-16 de 316 pages avec 105 figures, cartonné . . . . . 4 fr.

Ce livre sera le guide indispensable du botaniste, de l'amateur de jardin et de l'horticulteur, dans cette région privilégiée du Midi.

L'auteur décrit les plantes décoratives et commerciales des jardins du littoral méditerranéen, indique les types les plus répandus, leur emploi et leur mode de culture ordinaire et intensive, les plantes à fruits exotiques, les plantes à parfums, les plantes potagères et les arbres fruitiers. Il passe en revue la constitution du sol, les opérations culturales, les meilleures variétés de plantes, les insectes nuisibles, les maladies les plus redoutables.

Digitized by Google

Manuel pratique de culture fourragère, par DENAIFFE, 1896, 1 volume in-16 de 384 pages avec 108 figures, cartonné . . . . . 4 fr.

Création des prairies. — Influence des climats et des sols. — Flore des différents terrains. — Fumure, semis, irrigation, et soins d'ententretien des prairies. — Récolte, conservation, utilisation et valeur alimentaire des fourrages. — Graminées. — Légumineuses. — Plantes fourragères diverses. — Plantes nuisibles des prairies. — Ensilage. — Sidération. — Fourrages supplémentaires — Fourrages à consommer en vert.

Eléments de botanique agricole, à l'usage des écoles d'agriculture, des écoles normales et de l'enseignement agricole départemental, par SCHRIBAUX, professeur à l'Institut national agronomique et NANOT, directeur de l'Ecole d'horticulture de Versailles, 1 vol. in-16, de 328 pages, avec 260 figures, 2 planches coloriées et carte, cartonné . . . . . 4 fr.

Ce livre est destiné à tous ceux qui, ayant déjà des connaissances scientifiques, désirent des notions plus complètes de botanique pour les appliquer à une exploitation rationnelle du sol.

Des chapitres spéciaux sont consacrés au greffage, au bouturage, au marcottage, à la transplantation. L'étude des fruits, notamment la question si importante de leur conservation, a reçu un développement particulier.

Eléments de botanique médicale, contenant la description des végétaux utiles à la médecine, et des espèces nuisibles à l'homme, vénéneuses ou parasites, précédés de considérations sur l'organisation et la classification des végétaux, par A. MOQUIN-TANDON, membre de l'Institut, professeur d'histoire naturelle à la Faculté de médecine de Paris, 3e *édition*, 1 volume in-16 de 543 pages, avec 133 figures, cartonné. . . 4 fr.

Manuel de Génie sanitaire, par M. BARRÉ, ingénieur, professeur à l'Association polytechnique. Prèface par L. MASSON, inspecteur des travaux sanitaires de Paris, 1897. 2 vol. in-16 de 350 pages avec 100 figures.

(I. *La Ville salubre.* — II. *La Maison salubre*).

Chaque volume cartonné. . . . . 4 fr.

Les industries des abattoirs, Achat et abatage des animaux vivants. Préparation, vente et inspection de la viande, par TH. BOURRIER, vétérinaire inspecteur principal de la boucherie à Paris, 1896, 1 volume in-16, de 350 pages avec 50 figures, cartonné. . . . . 4 fr.

Digitized by Google

Constructions agricoles et architecture rurale, par J. BUCHARD, ingénieur-agronome, 1889, 1 vol. in-16 de 392 pages, avec 143 figures, cartonné. . . . 4 fr.

Matériaux de construction: préparation et emploi; maison d'habitation, hygiène rurale, étables, écuries, bergeries, porcheries, basses-cours, granges; magasins à grains et à fourrages, laiteries, cidreries, pressoirs, magnaneries, fontaines, abreuvoirs, citernes, pompes hydrauliques agricoles, drainages; disposition générale des bâtiments, alignements, mitoyenneté et servitudes; devis et prix de revient.

Le Matériel agricole, Machines, outils, instruments employés dans la grande et la petite culture, par J. BUCHARD, 1890, 1 vol. in 16 de 384 p., avec 142 figures, cartonné. 4 fr.

Charrues, scarificateurs, herses, rouleaux, semoirs, sarcleuses, bineuses, moissonneuses, faucheuses, faneuses, batteuses, rateaux, tarares, trieurs, hache-paille, presses, coupe-racines, appareils de laiterie, vinification, distillation, cidrerie, huilerie, scieries, machines hydrauliques, pompes, arrosages, brouettes, charrettes, porteurs, manèges, roues hydrauliques, moteurs aériens, machines à vapeur.

Les Engrais et la fertilisation du sol, par A. LARBALÉTRIER, professeur à l'Ecole départementale d'agriculture du Pas-de-Calais, 1891, 1 vol. in-16, de 352 pages, avec 74 figures, cartonné. . . . . 4 fr.

L'alimentation des plantes et la terre arable. L'amendement, chaulages, marnages, plâtrages. Les engrais végétaux. Les engrais animaux, le guano. Les engrais organiques mixtes et le fumier de ferme. Les engrais chimiques, composition et emploi, préparation, achat, formules.

Les Plantes potagères et la culture maraîchère, par E. BERGER, chef des cultures de la ville de Bordeaux, 1893, 1 vol. in-16, de 408 pages, avec 64 figures, cartonné. . . . . 4 fr.

Ce travail, conçu sur un plan nouveau, peut aussi bien être consulté par l'amateur que le jardinier : chacun y trouvera des renseignements qui l'intéresseront. L'auteur n'a fait ressortir que le côté pratique des cultures, ce qu'il est nécessaire de connaître pour arriver à bien faire. Après avoir donné des idées générales sur la création et l'installation, à peu de frais, d'un jardin maraîcher, il donne pour chaque plante :

1° L'*Origine:* 2° la *Culture de pleine terre* et la *Culture de primeurs* sur couches et sous châssis, appropriée aux différents climats; 3° la description des meilleures *variétés* à cultiver; 4° les *Graines*, les moyens pratiques de les récolter, de les conserver, leur durée germinative; 5° les *Maladies* et *Animaux nuisibles*, les meilleurs moyens pour les détruire, 6° les *Usages* et les *Propriétés économiques* et *alimentaires* des plantes.

Une dernière partie comprend un calendrier des semis et plantations à faire pendant les douze mois de l'année.

Digitized by Google

Le Pain et la Viande, par J. DE BREVANS, chimiste principal au Laboratoire municipal de Paris. Préface par M. E. RISLER, directeur de l'Institut national agronomique, 1892, 1 vol. in-16 de 364 pages, avec 97 figures cartonné . . 4 fr.

Le Pain. — Les Céréales. — La Meunerie. — La Boulangerie — La Patisserie et la Biscuiterie. — Altérations et Falsifications. — *La Viande.* — Les Animaux de boucherie. — La Boucherie. — La Charcuterie. — Les Animaux de Basse-Cour — Les Œufs. — Le Gibier. — Les Conserves alimentaires. — Altérations et Falsifications.

Les Légumes et les fruits, par J. DE BREVANS Préface par M. A. MUNTZ, professeur à l'Institut national agronomique, 1893, 1 vol. in-16 de 324 pages, avec 132 figures cartonné . . . . . 4 fr.

Les légumes. — La Pomme de Terre. — La Carotte. — La Betterave. — Les Radis. — L'Oignon. — Le Haricot. — Le Pois. — Le Chou. — L'Asperge. — Les Salades. — Les Champignons, etc. — *Les Fruits.* — La Cerise. — La Fraise. — La Groseille. — La Framboise. — La Noix. — L'Orange. — La Prune. — La Poire. — La Pomme. — Le Raisin, etc.

Origine, culture, variétés, composition, usages. Conservation Analyse. Altérations et Falsifications. Stastitique de la Production.

La Pêche et les poissons des eaux douces, par ARNOULD LOCARD, 1891, 1 vol. in-16, de 352 pages, avec 174 figures, cartonné . . . . . 4 fr.

Il ne suffit pas de jeter dans l'eau une nasse, un épervier, une ligne quelconque, pour en retirer du poisson. Il faut savoir à quelle sorte de poissons on peut avoir affaire ; or, cela ne s'obtient qu'après une étude suivie des caractères propres à chacune des nombreuses espèces qui composent notre faune icthyologique. Il importe ensuite d'en bien connaître les mœurs, les habitudes, le genre de vie pour arriver à se rendre un compte exact de la nature des milieux où l'on aura la chance de les rencontrer. Tel est le but de la première partie de cet ouvrage où sont décrites toutes les espèces de poissons qui vivent dans nos eaux douces, fleuves ou rivières, ruisseaux, lacs ou étangs.

Dans la deuxième partie, on passe en revue la ligne et ses nombreux accessoires, qu'elle soit fixe ou mobile, entre les mains du pêcheur ou posée au bord de l'eau; on fait connaître la longue série des diverses amorces ou appâts susceptibles d'attirer le poisson; enfin on décrit tout les genres de pêche, non seulement avec toutes sortes de lignes, mais encore avec d'autres engins, tels que filets, nasses, tridents, etc.

Les Animaux de la ferme, par E. GUYOT, agronome éleveur, 1891, 1 vol. in-16, de 344 pages, avec 146 fig. cartonné. . . . . 4 fr.

Résumer tout ce que l'on sait sur nos différentes espèces d'animaux domestiques, cheval, bœuf, mouton, porc, chien, chat ; poules, dindons, pigeons canards, oies, lapins, abeilles, et leurs nombreuses races, sur leur anatomie, leur physiologie, leur utilisation et leur amelioration, leur hygiène, leurs maladies, etc., était une œuvre difficile; aussi ce livre pourra-t-il être très utilement placé dans les bibliothèques rurales.

Digitized by Google

L'Amateur d'oiseaux de volière, espèces indigènes et exotiques, caractères, mœurs et habitudes, reproduction en cage et en volière, nourriture, chasse, captivité, maladie, par HENRI MOREAU, 1892, 1 vol. in-16 de 432 pages, avec 51 figures, cartonné . . . . . 4 fr.

La passion de l'élevage s'est étendue à toutes les classes de la société.

Mais la plupart des éleveurs ignorent les premiers principes de l'élevage ; ils n'ont le plus souvent que des données vagues sur les caractères, les mœurs, les habitudes et les besoins de leurs oiseaux. Cela tient à ce que l'on chercherait en vain les notions les plus élémentaires de l'élevage pratique dans les ouvrages d'ornithologie. M. Moreau a comblé cette lacune.

Ce livre est l'œuvre d'un amateur qui a cherché, par la description la plus exacte possible, à rendre la physionomie et le plumage des principaux oiseaux de volière, à retracer avec ses observations personnelles, leur genre de vie. Le lecteur y trouvera des détails complets sur l'habitude, les mœurs, la reproduction, le caractère, les qualités et la nourriture de chaque oiseau.

Les Oiseaux de basse-cour, par REMY SAINT-LOUP, maître de conférences à l'Ecole pratique des Haute-Etudes, secrétaire de la Société nationale d'acclimatation, 1894, 1 vol. in-16 de 368 pages, avec 107 figures, cartonné . . . . 4 fr.

Première partie : Classification des oiseaux de basse-cour. — Variation du type dans les principales races. — Sélection. — Organisation des oiseaux. — Incubation naturelle et artificielle. — Elevage des poulets, des dindons, des canards et des oies. — Aménagement du local. — Bénéfices de l'industrie avicole, — Maladies des oiseaux de basse-cour. — Parasites

Deuxième partie. — Descriptions des races. — I. Coqs et poules ; II. Pigeons ; III. Dindons ; Pintades ; V. Canards ; VI Oies.

Les Oiseaux de parcs et de faisanderies. Histoire naturelle. Acclimatation. Elevage, par REMY SAINT-LOUP, 1895, 1 vol. in-16 de 354 pages avec 48 figures, cartonné . . . . . 4 fr.

S'il est amusant de s'occuper des petits oiseaux que l'on peut garder captifs dans une volière, il est encore plus intéressant de s'occuper de ceux qui font l'ornement de nos jardins.

Sans doute il est bon de faire multiplier les oiseaux de basse-cour, il est attrayant d'obtenir dans ces espèces des centaines de races et de variétés, mais la naturalisation des nombreux oiseaux exotiques plus rares, au plumage plus éclatant, est incontestablement plus intéressante. Enfin le repeuplement des chasses offre à l'activité des amateurs d'oiseaux des sujets de recherches et d'expériences que l'on doit faciliter et dont l'étude doit être indiquée par des livres spécieux.

Aussi était-il intéressant d'exposer ce qui a été fait et de signaler les résultats obtenus par tel procédé, en un livre pouvant servir de guide à la fois pour la connaissance zoologique et pour l'éducation des oiseaux de parc et de faisanderie.

Canards, oies et cygnes. Palmipèdes de produit, de chasse et d'ornement, par A. BLANCHON, 1896, 1 volume in-16 de 350 pages avec 100 figures, cartonné . . . . . 4 fr.

Digitized by Google

Guide pratique de l'élevage du cheval, par L. RELIER, vétérinaire principal au Haras de Pompadour, 1889, 1 vol. in-16 de 368 pages, avec 128 figures, cartonné. 4 fr.

M. RELIER a résumé, sous une forme très concise et très claire, toutes les connaissances indispensables à l'homme de cheval. Organisations et fonctions, extérieur (régions, aplombs, proportions, mouvements, allures, âge, robes, signalements, examen du cheval en vente); hygiène, maréchalerie; reproduction et élevage; art des accouplements. Ce livre est destiné aux propriétaires, cultivateurs, fermiers, ainsi qu'aux palefreniers des haras, qui y trouveront les renseignements dont ils ont sans cesse besoin dans l'accomplissement de leur tâche.

Les Maladies du jeune cheval, par P. CHAMPETIER, vétérinaire en premier de l'armée. 1893, 1 vol. in-18 jésus de 348 pages, avec 8 planches en couleurs. . . . 4 fr.

Les maladies du jeune cheval par leur fréquence, la mortalité qu'elles occasionnent et les pertes qui en sont la conséquence sont de celles qu'il importe aux vétérinaires et aux éleveurs de connaître le mieux dans leurs causes et leur traitement, afin de les conjurer et de les guérir plus sûrement.

M. Champetier passe successivement en revue la gourme, la scarlatinoïde, la variole (Horse Pox), la pneumonie infectieuse, l'entérite diarrhéique, l'arthrite des poulains, le muguet, les affections vermineuses et les insectes cavitaires.

On trouvera dans ce livre, outre les traitements rationnels et méthodiques, les procédés pratiques permettant d'en éviter les désastreuses conséquences.

L'Age du cheval et des principaux animaux domestiques, âne, mulet, bœuf, mouton, chèvre, chien, porc et oiseaux par M. DUPONT, professeur à l'Ecole d'agriculture de l'Aisne, 1893, 1 vol. in-16, avec 36 planches dont 30 coloriées. 4 fr.

Pour pouvoir le *transporter* et le *consulter* en tous lieux, on a donné à ce *Guide Pratique* un format *de poche*. Puis dans un texte aussi clair et succinct que possible on a intercalé de nombreuses *planches en couleurs*.

Ce livre constitue un *vade-mecum* qui sera bien accueilli *des vétérinaires civils et militaires*. ainsi que des *officiers de cavalerie*. Le *sportsman* s'intéressera à sa lecture comme il s'intéresse à tout ce qui lui parle de son animal favori. Enfin *les acheteurs*, en général, pourront y puiser sur l'âge de nos animaux domestiques, les renseignements, les indications nécessaires pour mieux défendre leurs intérêts.

Le Chien, Races. — Hygiène. — Maladies, par J. PERTUS, médecin-vétérinaire 1893, 1 volume in-16 de 298 pages, avec 77 figures, cartonné . . . . . 4 fr.

Différentes races, espèces et variétés; valeur relative et choix à faire suivant le service, — extérieur et détermination de l'âge, — hygiène de l'alimentation et de l'habitation, — accouplement et parturition. — Etude des maladies : maladies contagieuses, maladie du jeune âge, rage, tuberculose, etc., — maladies de la peau, démangeaisons, eczéma, herpès, plaies et brûlures, parasites, gale, etc., — de l'appareil respiratoire, — du tube digestif, constipation, diarrhée, gastrite, vers intestinaux, etc., — de l'appareil génito-urinaire et des mamelles, — des yeux et des oreilles, — accidents de chasse, — maladies chirurgicales, — pansements, bandages et sutures, — administration des médicaments et formulaire.

Digitized by Google

Les Vaches laitières, choix, entretien, production, élevage, maladies, produits, par E. THIERRY, professeur de zootechnie et directeur de l'Ecole pratique d'agriculture de l'Yonne, 1895, 1 vol. in-16 de 349 pages avec 75 figures, cartonné . 4 fr.

M. Thierry vient de réunir en un volume de 350 pages tout ce qui peut intéresser les propriétaires de vaches laitières.

L'ouvrage débute par des notions sommaires d'anatomie et de physiologie des bovidés, et par l'étude de la connaissance de l'âge. Vient ensuite l'examen des principales races françaises et étrangères utilisées comme laitières. Les chapitres suivants sont consacrés à la production du lait, au choix des vaches laitières, à leur amélioration. L'hygiène de la vache laitière est longuement traitée, tant au point de vue de l'habitation, du pansage que de l'alimentation aux pâturages et à l'étable. Après avoir parlé de la traite, des causes de variation de la production du lait, puis de l'engraissement de la vache laitière, M. Thierry entre dans des considérations étendues sur tout ce qui concerne la production (choix des reproducteurs, rut, chaleur, monte, gestation, parturition, etc.) et l'élevage (allaitement, sevrage, castration, régime, etc.). Puis il donne quelques conseils pratiques sur l'achat de la vache laitière. Il passe en revue les maladies qui peuvent affecter la vache et le veau. Enfin il termine par l'étude du lait, de la laiterie et des industries laitières.

Ce livre résumant les travaux les plus modernes sera tout particulièrement utile aux cultivateurs et aux vétérinaires.

L'Art de conserver la santé des animaux dans les campagnes, par FONTAN, médecin-vétérinaire, lauréat de la Société des agriculteurs de France. Nouvelle médecine vétérinaire domestique à l'usage des agriculteurs, fermiers, éleveurs, propriétaires ruraux, etc. *Ouvrage couronné par la Société des agriculteurs de France*, 1894, 1 vol. in-16 de 378 pages, avec 100 figures, cartonné. 4 fr.

Cet ouvrage s'adresse à la grande famille des agriculteurs et des éleveurs, à tous les propriétaires d'animaux domestiques. Il comprend trois parties :

1° *L'hygiène vétérinaire :* M. Fontan a réuni les règles à suivre pour entretenir l'état de santé chez nos animaux ; 2° *Médecine vétérinaire usuelle :* Il donne une idée générale des maladies les plus faciles à reconnaître et du traitement à leur opposer en attendant la visite du vétérinaire ; 3° *Pharmacie vétérinaire domestique :* Le traitement indiqué à propos de chaque maladie se compose de moyens excessivement simples et inoffensifs, que le propriétaire peut employer lui-même impunément. Tout ce qui concerne la préparation, l'application ou l'administration de ces moyens se trouve détaillé.

Nouveau manuel de médecine vétérinaire homéopathique, par GUNTHER et PROST-LACUZON, 1892, 1 volume in-16 de 396 pages, cartonné . . . . . 4 fr.

Maladies du cheval, — des bêtes bovines, — des bêtes ovines, — des chèvres, — des porcs, — des lapins, — des chiens, — des chats, — des oiseaux de basse-cour et de volière.

Digitized by Google

L'Aquarium d'eau douce, et ses habitants, animaux et végétaux, par HENRI COUPIN, licencié ès sciences, préparateur à la Sorbonne, 1893, 1 vol. in-16 de 372 pages, avec 228 figures, cartonné. . . . . 4 fr.

L'eau et son aération. — Les Plantes dans l'Aquarium. — Chasse et transport des Animaux. — Les Protozoaires. — Les Cœlentérés. — Les Spongiaires. — Les Vers. — Les Crustacés et les Insectes. — Les Mollusques. — Les Batraciens et les Reptiles.

Ce livre s'adresse aux jeunes naturalistes et aux gens du monde qui s'intéressent aux choses de la nature. Prenant un sujet en apparence un peu spécial, mais en réalité très vaste, l'auteur s'est efforcé de montrer que, sans grandes connaissances scientifiques préalables, et en ne se servant presque jamais du microscope, on peut faire avec le plus simple des aquariums une multitude d'observations aussi variées qu'intéressantes.

Les Pêcheries et les poissons de la Méditerranée, par P. GOURRET, docteur ès sciences, sous-directeur de la Station zoologique de Marseille, 1894, 1 vol. in-16 de 360 pages, avec 109 figures, dessinées sous la direction de l'auteur, cartonné. . . . . 4 fr.

Configuration des côtes. Nature et densité des fonds. Profondeurs. Vents et courants. Régime des poissons. Poissons sédentaires et voyageurs. Engins et filets de pêche. Pêches avec appâts au moyen de lignes ou au moyen de casiers. Pêches au harpon, à la lumière ou au fustier, au large, à la grappe. Filets traînants. Filets flottants ou dérivants. Filets fixes. Modifications des côtes et des fonds : jets à la mer; vases des fleuves; animaux voraces. Mesures protectrices.

La Pisciculture en eaux douces, par APLH. GOBIN, professeur départemental d'agriculture, 1889, 1 volume in-16 de 360 pages, avec 93 figures, cartonné. . . . . 4 fr.

Les eaux douces ; les poissons ; la production naturelle ; les procédés de la pisciculture; l'exploitation des lacs; les eaux saumâtres; acclimatation des poissons de mer en eaux douces et inversement ; faunule des poissons d'eau douce de la France.

M. A. Gobin a réuni toutes les notions indispensables à ceux qui veulent s'initier à la pratique de cette industrie renaissante de la pisciculture ; il étudie successivement les poissons au point de vue de l'anatomie et de la physiologie ; puis il passe en revue les milieux dans lesquels les poissons doivent vivre. Des chapitres sont consacrés aux ennemis et aux parasites des poissons, à leurs aliments végétaux et animaux, à leurs mœurs, aux circonstances de leur reproduction, aux modifications de milieux qu'ils peuvent supporter pour une reproduction plus économique, etc.

La Pisciculture en eaux salées, par ALPH. GOBIN, 1891, 1 vol. in-16, de 353 pages, avec 105 figures, cartonné. . . . . 4 fr.

Les eaux salées, reproduction naturelle, poissons migrateurs et sédentaires, étangs salés, réservoirs et viviers, homards et langoustes, moules et huîtres.

Digitized by Google

L'Amateur d'insectes, caractères et mœurs des insectes, chasse, préparation et conservation des collections, par PH. MONTILLOT, membre de la Société entomologique de France. Introduction par le professeur LABOULBENE, ancien président de la Société entomologique de France, 1890, 1 vol. in-16 de 352 pages, avec 197 figures, cartonné . . . . 4 fr.

Organisation des insectes; histoire, distribution géographique et classification chasse et récolte ustensiles et procédés de capture ; description, mœurs et habitat des Coléoptères, des Orthophtères, des Névroptères ; des Hyménoptères, des Lépidoptères, des Hémiptères, des Diptères ; collections ; rangement et conservation.

Les Insectes nuisibles, par PH. MONTILLOT, 1891, 1 vol. in-16, de 308 pages, avec 156 figures, cartonné . . 4 fr.

Histoire et législation, les forêts, les céréales et la grande culture, la vigne, le verger et le jardin fruitier, le potage, le jardin d'ornement, à la maison.

L'Amateur de Coléoptères, guide pour la chasse, la préparation et la conservation, par H. COUPIN, préparateur à la Sorbonne, 1894, 1 vol. in-16 de 352 pages, avec 217 figures, cartonné. . . . . 4 fr.

Depuis longtemps, grand amateur de Coléoptères l'auteur a voulu faire profiter les néophites de son expérience, en leur offrant ce livre, destinées à les guider dans la recherche et la conversation des insectes.

Après avoir donné des renseignements généraux sur l'équipement du chasseur et les instruments qu'il doit porter avec lui, dans ses pérégrinations, il étudie séparément les différentes chasses auxquelles il pourra se livrer.

Les nombreuses figures d'insectes distribuées dans le texte seront très utiles aux commençants at les aideront à se mettre sur la voie des déterminations des genres et des espèces.

Enfin, il étudie avec figures et détails circonstanciés, la préparation des Coléoptères et leur rangement en collection.

L'Amateur de Papillons, guide pour la chasse, la préparation et la conservation, par H. COUPIN, 1894, 1 vol. in-16 de 336 pages, avec 246 figures, cartonné. . . . . 4 fr.

Les Papillons en général : organisation, classification, biologie, classification, habitat, les chenilles, les chrysalides. Equipement du chasseur. Chasse : aux papillons adultes, aux chenilles, sur les plantes basses, sur les arbres, dans les fruits et les graines, dans la maison. Elevage des chenilles. Chasse aux chrysalides. Récolte des œufs. Préparation et rangement en collection.

Les Abeilles, Organes et fonctions, éducation et produits, miel et cire, par MAURICE GIRARD, ancien président de la Société entomologique de France, 3e édition, 1890, 1 vol. in-16, de 320 pages, avec 84 figures . . . . . 4 fr.

L'abeille est l'objet de soins de jour en jour plus attentifs, en raison de l'intérêt qui s'attache à son étude et des avantages que procure son éducation. Il manquait en France un livre qui mît à la portée de l'éleveur l'ensemble des connaissances qu'il a besoin de posséder. M. Girard a exposé les manipulations agricoles, les procédés d'extraction, la composition chimique du miel et de la cire; il a décrit les organes, les fonctions, les maladies, les ennemis de l'Abeille.

Digitized by Google

Précis d'hygiène publique, par le Dr BEDOIN, médecin-major. Préface par le professeur P. BROUARDEL, 1891, 1 vol. in-16 de 321 pages, avec 70 fig. cartonné. . . . 4 fr.

De l'air, sa composition, ses souillures, miasmes et microbes. de l'eau, du filtrage. Des immondices, des égouts, des latrines De la salubrité des habitations. Altérations et falsifications alimentaires. Assainissement des cimetières et crémation. Des industries insalubres. Hygiène ouvrière Prophylaxie des maladies contagieuses. Désinfection, étuves et procédés d'assainissement. Vaccination. Isolement. Déclaration de maladies infectieuses. Hygiène de l'enfance. Hygiène scolaire. Hygiène hospitalière. Assistance médicale. Organisation sanitaire.

La Gymnastique et les exercices physiques, par le Dr LEBLOND. Introduction par H. BOUVIER, membre de l'Académie de médecine 1 vol. in-16 de 492 pages avec 80 figures, cartonné . . . . . 4 fr.

Marche. — Course. — Natation. — Escrime. — Equitation. — Chasse. — Massage. — Exercices gymnastiques. — Applications au développement des forces, à la conservation de la santé, et au traitement des maladies.

La Pratique de l'hydrothérapie, par le Dr E. DUVAL, lauréat de l'Académie des sciences. Préface par le professeur J. PETER, 1891, 1 vol. in-16 de 376 pages, avec figures, cartonné. . . . . 4 fr.

La première partie de cet ouvrage est consacré à la technique de l'hydrothérapie, c'est-à-dire aux divers modes d'administration de l'eau froide, température de l'eau, force de projection, durée des douches, etc. Dans la deuxième partie, M. Duval passe en revue toutes les maladies où l'hydrothérapie peut utilement être employée et expose les indications spéciales à chacune d'elles.

Traité des maladies des voies urinaires, de l'homme et de la femme. Hygiène et traitement pratique des maladies de l'urètre, de la vessie, des reins, calculs, spermatorrhée, diabète, par le Dr PICARD, 1892, 1 vol. in-16 de 360 pages, avec figures, cartonné. . . . . 4 fr.

Physiologie et hygiène des écoles, des collèges et des familles, par J.-C. DALTON, 1 vol. in-16, de 534 pages, avec 67 figures, cartonné. . . 4 fr.

Structure et mécanisme de la machine animale. — Les aliments et la digestion. — La respiration. — Le sang et la circulation — Le système nerveux et les organes des sens. — Le développement de l'enfant.

Premiers secours en cas d'accidents et d'indispositions subites, par les docteurs E. FERRAND, ancien interne des hôpitaux de Paris, et A. DELPECH, membre de l'Académie de médecine, 4e *édition*, 1890, 1 vol. in-16, de 339 pages, avec 106 figures, cartonné . . . . 4 fr.

Empoisonnés, noyés, asphyxiés, les blessés de la rue, de l'usine, de l'atelier; maladies à invasion subite; premiers symptômes des maladies contagieuses.

Digitized by Google

Nouvelle médecine des familles, à la ville et à la campagne, à l'usage des familles des maisons d'éducation, des écoles communales, des curés, des sœurs hospitalières, des dames de charité et de toutes les personnes bienfaisantes qui se dévouent au soulagement des malades, par le Dr A.-C. DE SAINT-VINCENT, 12e *édition, complètement refondue* et mise au courant des derniers progrès de la science, 1896, 1 vol. in-16 de 452 pages, avec 129 figures, cart. 4 fr.

Remèdes sous la main; premiers soins avant l'arrivée du médecin et du chirurgien; art de soigner les malades et les convalescents.

Ce livre est le résultat d'une pratique de vingt ans à la campagne et à la ville. En le rédigeant, l'auteur a eu pour but de mettre entre les mains des personnes bienfaisantes qui se dévouent au soulagement de nos misères physiques, qui vivent souvent loin d'un médecin ou d'un pharmacien, et qui sont appelées non pas seulement à donner des consolations, mais encore des conseils, un ouvrage tout à fait élémentaire et pratique, un guide sûr pour les soins à donner aux malades et aux convalescents.

A la ville comme à la campagne, on n'a pas toujours le médecin près de soi ou au moins aussitôt qu'on le désirerait; souvent même on néglige de recourir à ses soins pour une simple indisposition, dans les premiers jours d'une maladie. Pour obvier à ces inconvénients l'auteur a donné la description des maladies communes; il en fait connaître les symptômes et les a fait suivre du traitement approprié, éloignant avec soin les formules compliquées dont les médecins seuls connaissent l'application.

La pratique de l'homéopatie simplifiée, par A. ESPANET, 4e *édition*, 1894, 1 volume in-16 de 444 pages, cartonné . . . . . 4 fr.

Signes et nature des maladies; traitement homéopathique; prophylaxie; mode d'administration des médicaments; soins aux malades et aux convalescents.

Cette nouvelle édition a subi de nombreux changements qui ont eu pour but de la rendre encore plus méthodique; elle a reçu des additions nécessitées par les progrès du diagnostic et de la thérapeutique.

Conseils aux mères, sur la manière d'élever les enfants nouveau-nés, par le Dr A. DONNÉ, 8e *édition*, 1 vol. in-16, de 378 pages, cartonné . . . . . 4 fr.

Hygiène de la mère pendant la grossesse; allaitement maternel; nourrices; biberons; sevrages; régime alimentaire; vêtements; sommeil; dentition; séjour à la campagne; accidents et maladies; développement intellectuel et moral.

Conseils aux mères, sur la manière de nourrir les enfants et de se nourrir elles-mêmes, par le Dr BACHELET. *Nouvelle édition*, 1892, 1 vol. in-16 de 278 pages, cart. . 4 fr.

L'enfance et son régime — Le lait, l'allaitement naturel et artificiel. — La bouillie et la panade. — Le sevrage. — Les dents et les maladies attachées à leur éruption. — Les vers chez les enfants. — Régime des nourrices. — Premiers symptômes des maladies contagieuses qui peuvent atteindre les jeunes enfants.

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT POSTAL

Digitized by Google

9867-9. — CORBEIL. Imprimerie Ed. CRÉTÉ.

ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE

BEAUNIS. **L'évolution du système nerveux.** 1 vol. in-16. 3 fr. 50
BERNARD (Claude). **La science expérimentale.** 1 vol. in-16. 3 fr. 50
BLANC (L.). **Les anomalies chez l'homme et les animaux.** 3 fr. 50
BOUCHUT. **La vie et ses attributs.** 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
COUVREUR. **Les Merveilles du corps humain.** 1 vol. in-16. 3 fr. 50
DUVAL (Mathias). **La technique microscopique.** 1 v. in-16. 3 fr. 50
GREHANT. **Les poisons de l'air.** 1 vol. in-16..... 3 fr. 50

PSYCHOLOGIE PHYSIOLOGIQUE

AZAM. **Hypnotisme et double conscience.** 1 vol. in-16.. 3 fr. 50
BEAUNIS. **Le somnambulisme provoqué** 1 vol. in-16.. 3 fr. 50
BOURRU et BUROT. **La suggestion mentale.** 1 vol. in-16. 3 fr. 50
CULLERRE. **La thérapeutique suggestive.** 1 vol. in-16.. 3 fr. 50
— **Magnétisme et hypnotisme.** 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
FRANCOTTE. **L'anthropologie criminelle.** 1 vol. in-16.. 3 fr. 50
HERZEN **Le cerveau et l'activité cérébrale.** 1 vol. in-16. 3 fr. 50
LUYS. **Les émotions chez les hypnotiques.** 1 vol. in-16.. 3 fr. 50
MOREAU (de Tours). **Fous et bouffons.** 1 vol. in-16.... 3 fr. 50
SIMON (Max). **Le monde des rêves.** 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
— **Les maladies de l'esprit.** 1 vol. in-16..... 3 fr. 50

HYGIÈNE

BARTHÉLEMY. **L'examen de la vision.** 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
BERGERET. **L'alcoolisme.** 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
BONNEJOY. **Le végétarisme.** 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
COLLINEAU. **L'hygiène à l'école.** 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
COUVREUR. **Les exercices du corps.** 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
CULLERRE. **Nervosisme et névroses.** 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
DONNE. **Hygiène des gens du monde.** 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
DUMESNIL. **L'hygiène à Paris.** 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
FOVILLE. **Les institutions de bienfaisance.** 1 vol. in-16. 3 fr. 50
GALEZOWSKI et KOPFF. **Hygiène de la vue.** 1 vol. in-16. 3 fr. 50
GAUTIER (A.). **Le cuivre et le plomb.** 1 vol. in-16 .... 3 fr. 50
RAVENEZ. **La vie du soldat.** 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
REVEILLE-PARISE. **Hygiène de l'esprit.** 1 vol. in-16.... 3 fr. 50
RIANT. **Hygiène des orateurs.** 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
— **Le surmenage intellectuel.** 1 vol. in-16..... 3 fr. 50

MÉDECINE

BOUCHARD (Ch.). **Les microbes pathogènes.** 1 vol. in-16. 3 fr. 50
BROUARDEL. **Le secret médical.** 1 vol. in-16. ..... 3 fr. 50
CULLERRE. **Les frontières de la folie.** 1 vol. in-16... . 3 fr. 50
ELOY. **La méthode de Brown-Séquard.** 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
GARNIER (Paul). **La folie à Paris.** 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
GUERIN (Alph.). **Les pansements modernes.** 1 vol. in-16. 3 fr. 50
GUIMBAIL. **Les morphinomanes.** 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
MOREAU (de Tours). **La folie chez les enfants.** 1 vol in-16. 3 fr. 50
REVEILLE-PARISE. **Goutte et rhumatismes.** 1 vol. in-16. 3 fr. 50
RIANT. **Les irresponsables devant la Justice.** 1 vol. in-16. 3 fr. 50
SCHMITT. **Microbes et maladies.** 1 vol. in-16..... 3 fr 50

Digitized by Google

89089683056

B89089683056A

ET FILS, 19, RUE HAUTEFEUILLE

CONNAISSANCES UTILES

4 Fr. Nouvelle collection de volumes in-18 jésus **4 Fr.**

de 400 pages, illustrés de figures, cartonnés

ARTS ET MÉTIERS

INDUSTRIE MANUFACTURIÈRE, ART DE L'INGÉNIEUR, CHIMIE, ÉLECTRICITÉ.

BARRÉ (P.). **Manuel de génie sanitaire.** 2 vol. in-18. Chaque. 4 fr.
— **La maison salubre.** 1 vol. in-18, cart..... 4 fr.
— **La ville salubre.** 1 vol. in-18, cart..... 4 fr.
BAUDOIN. **Les eaux-de-vie et la fabrication du cognac.** 1 vol. in-18 cart..... 4 fr.
BEAUVISAGE **Les matières grasses.** 1 vol. in-18, cart.... 4 fr.
BOURRIER. **Les industries des abattoirs.** 1 vol. in-18, cart. 4 fr.
BREVANS. **La fabrication des liqueurs** 1 vol. in-18, cart.. 4 fr.
— **Les conserves alimentaires.** 1 vol in-18, cart..... 4 fr.
BRUNEL. **Les nouveautés photographiques.** 1 vol. in-18, cart. 4 fr.
CUYER. **Le dessin et la peinture.** 1 vol. in-18, cart..... 4 fr.
FERVILLE. **L'industrie laitière.** 1 vol. in-18, cart..... 4 fr.
GRAFFIGNY. **Les industries d'amateurs.** 1 vol. in-18, cart.. 4 fr.
HALPHEN. **La pratique des essais commerciaux et industriels.** 2 vol. in-18 de chacun 350 p., avec fig. Chaque volume, cart. 4 fr.
— **Matières minérales.** 1 vol. in-18, cart..... 4 fr.
— **Matières organiques.** 1 vol. in-18, cart..... 4 fr.
HERAUD. **Les secrets de la science et de l'industrie.** 1 v. in-18. 4 fr.
— **Jeux et recréations scientifiques.** 1 vol. in-18, cart..... 4 fr.
LACROIX-DANLIARD. **Le poil des animaux et les fourrures.** 4 fr.
— **La plume des oiseaux.** 1 vol. in-18, cart..... 4 fr.
LEFEVRE. **L'électricité à la maison.** 1 vol. in-18, cart..... 4 fr.
— **Les nouveautés électriques.** 1 vol. in-18, cart..... 4 fr.
— **Les moteurs.** 1 vol. in-18, cart..... 4 fr.
— **Le chauffage** 1 vol. in-18. cart..... 4 fr.
LONDE. **Aide-mémoire de photographie.** 1 vol. in-18, cart.. 4 fr.
MONTILLOT. **L'éclairage électrique.** 1 vol. in-18, cart..... 4 fr.
MONT-SERRAT et BRISAC **Le gaz.** 1 vol. in-18, cart..... 4 fr.
PIESSE **Histoire des parfums.** 1 vol. in-18, cart..... 4 fr.
— **Chimie des parfums.** 1 vol. in-18, cart..... 4 fr.
POUTIERS. **La menuiserie.** 1 vol. in-18, cart..... 4 fr.
RICHE. **L'art de l'essayeur.** 1 vol. in-18, cart..... 4 fr.
— **Monnaies, médailles et bijoux,** essai et contrôle. 1 vol. in-18. 4 fr.
TASSART. **Les matières colorantes.** 1 vol. in-18, cart..... 4 fr.
— **L'industrie de la teinture.** 1 vol. in-18, cart..... 4 fr.
VIGNON. **La soie.** 1 vol. in-18, cart..... 4 fr.
WITZ (A.). **La machine à vapeur.** 1 vol. in-18, cart..... 4 fr.

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT SUR LA POSTE

Digitized by Google

[illegible] vol. in-18, cart..... 4 fr.
BACHELET. Conseils aux mères. 1 vol. in-18, cart .... 4 fr.
BREVANS. Le pain et la viande. 1 vol. in-18, cart..... ... 4 fr.
— Les légumes et les fruits 1 vol. in-18, cart..... . . . . 4 fr.
DALTON. Physiologie et hygiène des écoles. 1 vol. in-18, cart. 4 fr.
DONN... Conseils aux mères. 1 vol. in-18, cart.. ..... 4 fr.
ESPANET. La pratique de l'homœopathie. 1 vol. in 18, cart. 4 fr.
FERRAND. Premiers secours en cas d'accidents. 1 vol. in-18. 4 fr.
HERAUD. Les secrets de l'économie domestique. 1 vol. in-18. 4 fr.
— Les secrets de l'alimentation. 1 vol. in-18, cart..... 4 fr.
LEBLOND. Gymnastique et exercices physiques. 1 vol. in-18. 4 fr.
SAINT-VINCENT. Nouvel[illegible] vol. in-18. 4 fr.

ENVOI FRANCO [illegible] TE

Digitized by Google

89089683056
b89089683056a

Digitized by Google